



RESPUESTA DEL MAIZ A LA APLICACIÓN DE CONSORCIO MICROBIANO Y SU COMBINACION CON BIOL, EN CONDICIONES DE TRÓPICO SECO †

[RESPONSE OF CORN TO THE APPLICATION OF MICROBIAL CONSORTIUM AND ITS COMBINATION WITH BIOL, UNDER DRY TROPIC CONDITIONS]

Henry Díaz-Chuquizuta¹; Percy Díaz-Chuquizuta^{2*}
and Yuri Gandhi Arévalo-Aranda^{1,3}

¹Estación Experimental Agraria El Porvenir. Dirección Seguimiento y Monitoreo de Estaciones Experimentales. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Carretera Fernando Belaúnde Terry, Km 14.5, Juan Guerra, San Martín 22200, Perú. Email: henrydiazch1976@gmail.com

²Estación Experimental Agraria El Porvenir. Dirección de Desarrollo Tecnológico Agraria. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Carretera Fernando Belaúnde Terry, Km 14.5, Juan Guerra, San Martín 22200, Perú. Email: pdiaz023@gmail.com

³Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Peruana Unión. Jr. Los Mártires, 22201, Tarapoto, San Martín, Perú. Email: yuri.arevalo@upeu.gob.pe

*Corresponding author

SUMMARY

Background: The utilization of organic fertilizers is put forward as an effective approach to address soil degradation and enhance crop yields. **Objective:** To assess the impact of applying microbial consortia, in combination with fermented liquid fertilizer (biol), on maize grain production, with a focus on fostering sustainable family farming in dry tropical conditions. **Methodology:** A randomized complete block design with three blocks and divided plots was employed, with the main plots featuring various maize cultivars, while the subplots consisted of four bioferments and a control treatment. The bioferments included Microbial Consortium (CM), BIOL+CM, and BIOL+EM-1, compared to the commercial product Efficient Microorganisms (EM-1) and a control with no application. Parameters such as days to male and female flowering, plant and ear height, leaf area, grain diameter, and yield, along with the physical and chemical soil characteristics, were evaluated following the bioferment application. **Results:** The application of BIOL+CM to the Marginal 28T variety resulted in increased plant height (164.17 cm) and cob size (65.83 cm), as well as a larger leaf area (361.17 cm²). It also enhanced the grain yield of the Marginal 28T variety (3.42 t·ha⁻¹) and the HS-1 hybrid (3.02 t·ha⁻¹). **Implications:** The combined use of locally-sourced microbial consortia and Biol significantly improves the agronomic performance of hard yellow corn and aids in maintaining the soil's physical and chemical conditions, thereby promoting its enhancement. **Conclusion:** The Marginal 28T variety and the HS-1 hybrid exhibited a favorable response to the application of microbial consortia, particularly BIOL+CM, making it a viable option for family farming in dry tropical conditions.

Key words: Yield; Marginal 28T, biol; microbial consortium; soil.

RESUMEN

Antecedentes: El empleo de abonos orgánicos se presenta como una medida efectiva para combatir la degradación de los suelos y potenciar el rendimiento de los cultivos. **Objetivo:** Determinar el efecto de la aplicación consorcios microbianos y su acción combinada con abono líquido fermentado (biol), sobre el rendimiento de grano de maíz, en miras de una agricultura familiar sostenible en condiciones de trópico seco. **Metodología:** Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar en parcelas divididas, con tres bloques, teniendo como parcelas grandes a los cultivares y las subparcelas estuvieron conformados por cuatro biofermentos y un tratamiento testigo. Como biofermento se tuvo Consorcio microbiano (CM), BIOL+CM y BIOL+EM-1, comparado con producto comercial Microorganismos Eficientes (EM-1) y testigo sin aplicación. Se evaluó días a la floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, área foliar, diámetro y rendimiento de grano, y las características físico y químicas después de la aplicación de los biofermentos. **Resultados:** La aplicación de BIOL+CM en la variedad Marginal 28T, contribuyó a tener mayor altura de planta (164.17 cm) y mazorca (65.83 cm), área foliar (361.17 cm²),

† Submitted November 7, 2023 – Accepted April 17, 2024. <http://doi.org/10.56369/tsaes.5246>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = H. Díaz-Chuquizuta: <http://orcid.org/0009-0009-3908-9384>; P. Díaz-Chuquizuta: <http://orcid.org/0000-0002-9893-5482>; Y.G. Arévalo-Aranda: <http://orcid.org/0000-0002-8797-5462>

mejorando también el rendimiento de grano la variedad Marginal 28T (3.42 t·ha⁻¹) y del híbrido HS-1 (3.02 t·ha⁻¹). **Implicaciones:** Emplear consorcios microbianos de fuentes locales en combinación con Biol mejorar significativamente el rendimiento agronómico de maíz amarillo duro y aporta en mantener las condiciones físicas químicas del suelo, propiciando su mejora. **Conclusión:** La variedad Marginal 28T y el híbrido HS-1, responde de manera satisfactoria a la aplicación de consorcios microbianos en especial del BIOL+CM siendo una alternativa para agricultura familiar en condiciones de trópico seco.

Palabras clave: Rendimiento; Marginal 28T; biol; consorcio microbiano; suelo.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la agricultura se enfoca en prácticas más eco-amigables para mejorar los rendimientos de los cultivos (Vásquez-Arroyo *et al.*, 2023). A lo largo de la historia, los agricultores han incrementado su productividad mediante el uso de fertilizantes sintéticos, pero su uso indiscriminado ha tenido graves consecuencias, especialmente en la reducción de la fertilidad del suelo (Kosty *et al.*, 2020). Esto ha ocasionado problemas ambientales a largo plazo, como la compactación del suelo, la disminución de la actividad microbiana y un aumento en los costos de producción. Además, contribuye a la emisión de gases tóxicos, como los óxidos de nitrógeno, que dañan la capa de ozono, agravando así las preocupaciones ambientales (Alarcón *et al.*, 2020).

Por lo tanto, el empleo de abonos orgánicos se presenta como una medida efectiva para combatir la degradación de los suelos, por incorporarse microorganismos, nutrientes, mejores condiciones de humedad y temperatura que permiten potenciar el rendimiento de los cultivos (Díaz-Chuquizuta *et al.*, 2023). En particular, la utilización de abono orgánico líquido obtenido a través de la fermentación anaeróbica, emerge como una alternativa viable y rentable que puede ser fácilmente incorporada en los sistemas de producción de agricultura familiar (García-Gonzales *et al.*, 2020).

La obtención de este tipo de abono, se sostiene en la acción de consorcios microbianos la cual agrupan hongos (Actinomicetes y micorrizas), bacterias (fijadoras de vida libre, productoras de ácido indolacético y solubilizadoras de fosfato) y levaduras beneficiosas (genero *Sacharomyces*), presentes de forma natural en diversos ecosistemas montañosos poco alterados por acción antropogénica (Sotomayor *et al.*, 2022; Medina-Saavedra *et al.*, 2021), identificándose en bosque por el color verde, anaranjado y blanco de las colonias microbianas en las hojarascas en descomposición, que son más visibles al inicio o al final de los períodos lluviosos (Torres *et al.*, 2022). La actividad microbiana en el suelo se ha establecido como un indicador altamente sensible de los cambios que experimentan los suelos bajo manejo agrícola, y juega un papel fundamental en el mantenimiento de la fertilidad del suelo a corto y largo plazo (Rodríguez-Bustos *et al.*, 2022).

Los consorcios microbianos en su forma líquida fermentada son importantes en la agricultura, por su

capacidad para mejorar la calidad del suelo al ser inoculados acelerando la descomposición de la materia orgánica por el incremento de la actividad microbiana, aumentando la disponibilidad de nutrientes, teniendo impacto positivo mejorando el crecimiento y desarrollo fisiológico de las plantas obteniendo mejores rendimientos (Castro-Barquero y González-Acuña, 2021).

Es importante resaltar que la aplicación individual directa de consorcios microbianos en suelos caracterizados por escasa materia orgánica, el uso deliberado de agroquímicos que afectan la dinámica de las poblaciones microbianas involucradas en la degradación y posterior ciclaje de nutrientes, así como la mecanización frecuente de los suelos que alteran su estructura, reduciendo la porosidad y limitando la aireación, exponen a los microorganismos a condiciones ambientales adversas, que afectan su efectividad, al no contribuir directamente con nutrientes como nitrógeno a las plantas, sino como producto de la descomposición de la materia orgánica presente en el suelo (Sarmiento *et al.*, 2019; Sarmiento-Sarmiento *et al.*, 2022; Sterren *et al.*, 2019).

Por lo tanto es importante seguir ampliando el conocimiento sobre la importancia del uso de consorcios microbianos locales y su combinación con abono líquido procedente de la fermentación anaeróbica (biol), especialmente en el cultivo maíz amarillo duro que es tradicional en sistemas de producción familiar y clave en la producción de alimentos balanceados especialmente para aves y cerdos en todo el mundo, por generar una mayor conversión de materia seca en carne, leche y huevos en comparación con otros cereales (Chávez *et al.* 2022; Dei, 2017), por lo tanto, se planteó la investigación teniendo como objetivo determinar el efecto de la aplicación consorcios microbianos y su acción combinada en el proceso de obtención de biol (líquido fermentado), sobre el rendimiento de grano de maíz, en miras de una agricultura familiar sostenible en condiciones de trópico seco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

La investigación se desarrolló en las parcelas experimentales del Programa Nacional de Maíz en la Estación Experimental Agraria “El Porvenir”, del Instituto Nacional de Innovación Agraria, ubicado en el distrito de Juan Guerra, a 14 km de la ciudad de Tarapoto, capital de la provincia de San Martín,

región del mismo nombre, Perú, en las coordenadas 6°35'41'' Latitud Sur, 76°19'26'' Longitud Oeste, y altitud de 205 m.s.n.m.,

Características del campo y condiciones ambientales de estudio

El campo utilizado para el estudio tiene más de 15 años de historia en la investigación del cultivo de maíz. Durante este tiempo se ha practicado la labranza mínima del suelo, la no quema de rastrojos de cosechas, la aplicación convencional de fertilizantes químicos y plaguicidas. La zona se clasifica como bosque seco tropical según Aybar-Camacho *et al.* (2017). El estudio se realizó del 11 de marzo al 14 de julio de 2022.

Los datos climáticos se obtuvieron de la estación automática El Porvenir, del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). La temperatura media fue de 24.95°C, que esta dentro del rango ideal de 20 a 30°C requerido para la floración, mientras que la precipitación acumulada fue 404.10 mm que estuvo por debajo del rango de 500 a 650 mm (Díaz *et al.*, 2022).

El muestreo de suelos se realizó antes de la siembra, en un área de 1203.8 m², siguiendo un patrón de zigzag. Se recolectaron diez submuestras de los primeros 20 cm de profundidad, con la ayuda de un barreno en forma de "T" de 50 cm. Estas submuestras se homogeneizaron para crear una muestra compuesta de 1.00 kg, que se envió al laboratorio de suelos, agua y foliares del INIA en la EEA El Porvenir, donde se llevó a cabo los análisis para determinar materia orgánica mediante el método de Walkley-Black, nitrógeno total mediante el método de Kjeldahl-N, fósforo utilizando el método Olsen, potasio intercambiable en acetato de amonio (pH 7.00), pH (1:2, suelo:agua) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) mediante acetato de amonio en pH neutro. La interpretación de los resultados se basó en los métodos especificados en la norma mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, emitida por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en 2002.

Material genético y diseño experimental

Se utilizó semilla de maíz amarillo duro de la variedad Marginal 28T (Registro N°036-INIPA) y de híbrido simple experimental (HS-1), ambos generados a partir de material genético procedente de Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

Las parcelas de investigación (unidades experimentales) estaban conformadas por 4 surcos de 8 m de longitud distanciados cada 0.8 m. Estas parcelas se establecieron en un arreglo de bloques completos al azar en parcelas divididas. Como parcelas principales se estableció la variedad de maíz

y como subparcelas los biofermentos distribuidos en tres bloques.

Los biofermentos usados fueron: Consorcio microbiano (CM), combinación de abono líquido fermentado y consorcio microbiano (BIOL+CM), un producto comercial Microorganismos Eficientes (EM-1), combinación de abono líquido fermentado y el producto comercial (BIOL+EM-1) y un tratamiento sin aplicación de biofermento (Testigo).

Tabla 1. Caracterización física y química del suelo usado para siembra de maíz amarillo duro, bajo condiciones de secano en la Estación Experimental Agraria (EEA) El Porvenir, Perú.

Parámetro	Resultado	Interpretación
pH	6.40	Moderadamente ácido
CE dS·cm ⁻¹	0.08	No salino
N%	0.10	Medio
P mg·kg ⁻¹	5.21	Bajo
K mg·kg ⁻¹	320.52	Alto
MO %	2.00	Medio
Ca cmol·kg ⁻¹	9.90	Medio
Mg cmol·kg ⁻¹	2.90	Medio
CaCO ₃ %	0.38	Muy Bajo
Arena %	30.00	Arcilloso
Limo %	20.00	
Arcilla %	50.00	

pH: acidez del suelo; **CE:** conductividad eléctrica; **MO:** materia orgánica; **N:** nitrógeno; **P:** fósforo disponible; **K:** potasio disponible; **Ca:** calcio intercambiable; **Mg:** magnesio intercambiable; **CaCO₃:** carbonato de calcio.

Preparación del consorcio microbiano (CM)

Se preparó siguiendo el método de Restrepo y Agredo (2020). Se extrajo cuatro kilos de los 10 cm superficiales de mantillo boscoso proveniente de bosque primario, con micelios de hongos de colores blanco, naranja, marrón y café, siendo trasladado a la EEA El Porvenir, donde se mezcló con 8 kg de polvillo de arroz y 2 kg de melaza disuelta en agua para dar humedad. La mezcla se depositó gradualmente en recipientes de 5 L, se compactó para eliminar el oxígeno y se dejó reposar durante 30 días. Tras este reposo, se realizó la activación líquida del consorcio en un recipiente de 20 L. Se tomaron 0.5 kg de la mezcla, se colocaron en una bolsa de tela de algodón y se sumergieron en 17 litros de agua para extraer microorganismos, posteriormente se añadió 1 kg de melaza y se selló herméticamente y se dejó fermentar por 30 días.

En el caso del producto comercial EM-1 (Microorganismo eficientes), que viene en forma líquida (1 L), la activación se hizo siguiendo los pasos recomendados por el fabricante del producto.

Preparación del abono líquido fermentado (Biol)

Se utilizó dos biodigestores tipo Bach, de 60 L de capacidad, añadiendo en cada uno 12 kg de estiércol fresco de vacuno (N% 1.36, P% 0.51, K% 5.79, pH 8.25, CE 124 dS·m⁻¹), 1 litro de leche, 1 kg de melaza 1 kg de ceniza, incorporando un litro de CM (activado) en uno de ellos y el EM-1 (activado) en el otro biodigestor, por último, los insumos se batieron con un palo de madera añadiendo 52 litros de agua de río, dejando fermentar por 30 días.

Al culminar el periodo de fermentación de cada preparación (CM, EM-1, BIOL+EM-1 y BIOL+CM), se tomó una muestra de 1 litro de cada una y se llevó al laboratorio de microbiología María Tabusso de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para conocer la presencia de los tipos de grupos microbianos presentes en cada preparado (Tabla 2) y al laboratorio de Laboratorio de suelo, aguas y foliares de la Estación Experimental Agraria, para conocer el contenido de nutrientes en cada preparación (Tabla 3).

Manejo de experimento

Se preparó el terreno con arado de disco de 250 mm de diámetro y surcado a 0.80 m de distancia entre surcos. Se realizó el riego por gravedad antes de la siembra. Las semillas se protegieron con insecticida thiodicarb+imidacloprid, el mismo día de la siembra a dosis de 15 mL·kg⁻¹ de semilla. Una vez impregnado el producto en la semilla, se procedió a sembrar dos semillas en cada punto de siembra. Cada surco tuvo 41 puntos de siembra a 20 cm distanciados entre sí. A 7 días después de la siembra se realizó un riego por gravedad complementario.

Ninguno de los tratamientos recibió fertilización. Se realizó una aplicación preventiva con insecticida chlorantraniliprole, a razón de 5 cc·20 L⁻¹ (dosis de producto comercial). El control de malezas fue en dos oportunidades mediante la aplicación del herbicida selectivo nicosulfuron, 50 mL·20 L⁻¹ durante la etapa de crecimiento vegetativo V3 (tres hojas verdaderas) y V7 (siete hojas verdaderas).

Tabla 2. Grupos microbianos encontrados en las muestras líquidas de los biofermentos antes de la primera aplicación en el maíz variedad Marginal 28T y HS-1.

Análisis microbiológico	Unidad	CM	EM-1	BIOL+CM	BIOL+EM-1
Coliformes fecales	NMP·mL ⁻¹	<3	<3	<3	<3
<i>Escherichia coli</i>	NMP·mL ⁻¹	<3	<3	<3	<3
<i>Pseudomonas</i> sp	NMP·mL ⁻¹	<3	<3	<3	<3
Bacterias fijadoras de vida libre	NMP·mL ⁻¹	24 x 10 ³	5 x 10 ²	15 x 10 ²	4 x 10 ²
Actinomicetos	UFC·mL ⁻¹	0	0	59 x 10 ³	52 x 10 ³
Bacterias solubilizadoras de fosfato	UFC·mL ⁻¹	12 x 10	11 x 10	10 x 10	9 x 10
Micorrizas	Esporas·100 mL ⁻¹	20	0	10	8
Producción de ácido indolacético	mg·mL ⁻¹	3.6	2.3	11.5	9.5

NMP: Número más probable, UFC: Unidades formadoras de colonia.

Fuente: Laboratorio de ecología microbiana y biotecnología Marino Tabusso – UNALM (2022).

Tabla 3. Caracterización química de los biofermentos en estudio antes de la aplicación en campo.

Parámetros	EM-1	CMB	Biol+CMB	Biol+EM-1
pH	3.56	3.63	4.82	3.77
CE dS·m ⁻¹	0.01	0.01	0.01	0.01
N mg·L ⁻¹	500.00	500.00	1200.00	600.00
P mg·L ⁻¹	0.00	100.00	200.00	100.00
Potasio mg·L ⁻¹	1000.00	700.00	1400.00	1400.00
Calcio mg·L ⁻¹	300.00	200.00	800.00	400.00
Magnesio mg·L ⁻¹	100.00	100.00	300.00	200.00
Sodio mg·L ⁻¹	<1.00	<1.00	100.00	100.00
S-SO ₄ ²⁻ mg·L ⁻¹	100.00	200.00	100.00	200.00
Zinc mg·L ⁻¹	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Cobre mg·L ⁻¹	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50
Manganeso mg·L ⁻¹	<3.00	<3	12.69	4.93
Hierro mg·L ⁻¹	3.48	4.68	136.07	96.55
Boro mg·L ⁻¹	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
MO %	1.33	1.18	0.74	1.55

Fuente: Laboratorio de suelo, aguas y foliares de la Estación Experimental Agraria (EEA) El Porvenir (2022)

Debido a las precipitaciones no fueron uniformes durante el experimento en campo, se realizaron 4 riegos suplementarios por gravedad durante los días críticos, para garantizar el buen crecimiento del cultivo, siendo en las etapas de V2 (dos hojas verdaderas), V10 (Diez hojas verdaderas), VT (aparición de panoja) y R2 (grano ampolla) épocas importantes recomendadas por Díaz *et al.* (2022)

Aplicación de los biofermentos

La dosis de aplicación de los biofermentos a base EM-1, CMB, Biol+CMP y Biol+EM-1 se realizaron siguiendo las recomendaciones del producto comercial de microorganismos eficientes (EM-1), usando 1 L de preparado en 20 litros de agua, una mochila pulverizadora manual de palanca. Se realizaron tres aplicaciones las dos primeras se aplicaron vía foliar y suelo en el estado vegetativo V3 (tres hojas verdaderas) y V6 (seis hojas verdaderas), en estas etapas las plantas son pequeñas por debajo de los 50 cm, la última aplicación en estado V9 (nueve hojas verdaderas), se realizó directo al suelo, basándonos en las recomendaciones de Díaz-Chuquizuta *et al.* (2023) y García-Gonzales *et al.* (2020) para maíz amarillo duro en condiciones de selva, debido que la planta en estado V9 presenta mayor altura en dicho estado.

Evaluación de impacto de los consorcios microbianos y su combinación con biol en el suelo

Después de completar los 124 días de ciclo vegetativo, se cosecharon las mazorcas del experimento y se procedió a extraer muestras de suelo de cada unidad experimental en función a los tratamientos, obteniendo cinco muestras compuestas de 1 kg, que se llevaron al laboratorio de suelo, agua y foliares de la EEA El Porvenir, para su análisis de caracterización físico químico respectivo.

VARIABLES EVALUADAS

Se registró los días a la floración masculina y femenina, tiempo en que el 50 % de cada unidad experimental alcanzó el estado VT (aparición de panoja) y R1 (aparición de estigmas, 2 a 3 cm de longitud), en estado R4 (grano pastoso, el embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano) se midió diámetro de tallo en el tercer entrenudo por debajo de la mazorca principal con una cinta diamétrica. La longitud y ancho de la hoja de la mazorca principal se midió con flexómetro de 5 m con precisión de 1 mm. para obtener el área foliar se multiplicó con el factor de corrección 0.75 (Escalona-Sánchez *et al.*, 2021). Cuando las plantas estuvieron en R5 (grano duro) se registró la altura de la planta y mazorca con flexómetro de 5 m, con 1 mm de precisión. Al completar la madurez fisiológica del grano (punto negro), se cosecharon las mazorcas de las hileras centrales, obteniendo el peso de campo utilizando una balanza digital de 50 kg de capacidad con 0.50 kg de precisión. El

rendimiento en $t \cdot ha^{-1}$ se calculó usando fórmula empelada por Díaz-Chuquizuta *et al.* (2023).

$$RG \ t \cdot ha^{-1} = (10000 / A) \times PCC \times ID \times Fh / 1000 \quad (1)$$

Donde:

RG $t \cdot ha^{-1}$: Rendimiento de grano $t \cdot ha^{-1}$.

10000: Área de una hectárea en m^2 .

A: Área de parcela evaluada en m^2 .

PCC: Peso de campo corregido de mazorcas cosechadas por parcela en kg.

ID: Índice de desgrane (división entre peso de grano/peso de mazorca).

Fh: Factor de corrección de humedad, ajustado al 14 %.

1000: Factor de conversión de $kg \ a \ t \cdot ha^{-1}$.

$$PCC = [(PI - (0.3 \times PI) / PCP) + 0.3] \times PC \quad (2)$$

Donde:

PCC: Peso de campo corregido en kg.

PI: Plantas ideales esperadas en surcos centrales.

PCP: Plantas cosechadas en surcos centrales.

0,3: Factor de corrección de fallas por pérdida de plantas por parcela.

PC: Peso de campo (kg).

$$Fh = [(100 - \% HC) / 86] \quad (3)$$

Donde:

% HC: Porcentaje de humedad al momento de la cosecha.

86: Constante para estimar el rendimiento de grano comercial con humedad del 14 %.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos en el campo fueron procesados utilizando tablas en el programa Excel. Se realizaron prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (Royston, 1982) y homocedasticidad de Bartlett (1937). El análisis de varianza y la comparación de medias se realizaron mediante la prueba de Tukey con un nivel de error del 5% utilizando el paquete estadístico Rstudio (2023) v. 4.3.1 y la librería Agricolae (de Mendiburu, 2023).

RESULTADOS

Respuesta de las variables agronómicas de maíz a la aplicación de los biofermentos

La investigación no reveló coeficientes de variación que indiquen que los resultados hayan sido influenciados por factores externos no controlables en cada unidad experimental. Se evaluaron los efectos de los tratamientos en el comportamiento agronómico de las variedades Marginal 28T y HS-1 a través de tres fuentes de variación: cultivares, tratamientos y su interacción. Se observó una mayor diferencia entre los dos cultivares en cuanto a la altura de la planta, el área foliar y el diámetro del tallo. Por otro lado, los biofermentos mostraron mayor efecto en la altura de la mazorca y el rendimiento de grano, siendo significativas la interacción. En cuanto a los días de floración masculina y femenina, no se observaron efectos significativos de los tratamientos (tabla 4).

Tabla 4. Promedios de la respuesta de cultivares de maíz Marginal 28T y HS1, a la aplicación de consorcios microbianos.

Biofermentos	Cultivares	DFM	DFF	AP (cm)	AMz (cm)	AF (cm ²)	ØPlt (mm)	RG (t·ha ⁻¹)
BIOL+EM-1	HS-1	58.67 a	66.00 a	139.00 de	41.00 ef	313.44 c	12.96 ab	2.72 cd
BIOL+CM	HS-1	58.00 a	67.00 a	135.00 e	37.67 ef	308.86 c	13.36 a	3.02 bc
CM	HS-1	58.33 a	66.00 a	141.67 cde	44.00 de	311.50 c	13.37 a	2.32 de
EM-1	HS-1	57.00 a	66.00 a	137.00 de	39.67 ef	320.83 bc	13.39 a	2.01 ef
Testigo	HS-1	58.00 a	67.00 a	135.67 de	36.67 f	295.15 c	13.15 a	1.55 g
BIOL+EM-1	Marginal 28T	57.33 a	67.00 a	148.17 bcd	50.17 cd	346.02 ab	12.44 ab	3.42 ab
BIOL+CM	Marginal 28T	57.33 a	68.33 a	164.17 a	65.83 a	361.17 a	12.05 b	3.81 a
CM	Marginal 28T	57.33 a	67.67 a	159.00 ab	60.00 ab	356.19 a	12.13 b	3.07 bc
EM-1	Marginal 28T	57.33 a	67.67 a	152.67 abc	54.00 bc	364.56 a	12.71 ab	2.69 cd
Testigo	Marginal 28T	57.33 a	67.67 a	156.33 ab	57.67 b	359.09 a	12.14 b	1.83 fg
p-valor Cultivar		0.77	0.24	0.01*	0.01*	0.00**	0.02*	0.02*
p-valor Biofermentos.		0.84	0.91	0.06	0.00**	0.14	0.27	<0.00**
p-valor Biofermentos x Cultivar		0.84	0.38	0.01*	<0.00**	0.15	0.21	0.03*
CV (%)		2.25	1.59	2.92	4.85	3.05	2.58	5.14
CMe		1.68	1.13	18.37	5.58	103.49	0.11	0.02
Media		57.66	67.04	146.87	48.67	333.69	12.77	2.64
Shapiro-Wilks.test		0.61	0.13	0.28	0.83	0.14	0.37	0.97
Bartlett.test		0.02	0.02	0.15	0.76	0.22	0.91	0.65

DFM: días a la floración masculina, DFF: días a la floración femenina, AP: Altura de planta, AMz: altura de mazorca, AF: área foliar, ØPlt: diámetro de tallo, RG: rendimiento de grano. abcdefg: Letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05). Valores mayores P<0.05 cumplen prueba de normalidad y homocedasticidad.

En cuanto a la altura de la planta, se observó que el mejor promedio se obtuvo con la aplicación del tratamiento BIOL+CM, y esto se repitió en las variables de altura de la mazorca, área foliar y rendimiento de grano.

Efecto de la aplicación de los biofermentos en el suelo después de la cosecha del experimento

Los resultados del análisis de suelo (tabla 5) realizado en cada tratamiento no mostraron efectos mayores en el pH del suelo en comparación con el análisis inicial; los valores obtenidos se presentaron dentro de la clasificación moderadamente ácido. Del mismo modo, la conductividad eléctrica se mantuvo en la clasificación normal, sin restricciones para ningún tratamiento.

En cuanto al carbonato de calcio, se reporta un nivel muy bajo en el testigo, EM-1 y las combinaciones de BIOL+EM-1 y BIOL+CM, con la excepción del tratamiento CM, que presentó un incremento 0.42%, subiéndolo a la clasificación de bajo.

En lo que, respecta a la materia orgánica (%), se observó que el testigo, después del experimento, pasó de ser clasificado como medio a bajo, mientras que los demás tratamientos se mantuvieron en la clasificación de medio, destacando el tratamiento BIOL+CM, por presentar un incremento del 0.48% más de materia orgánica con respecto a la muestra de suelo inicial.

Tabla 5. Condiciones de suelo después de la aplicación de los tratamientos en maíz amarillo duro variedad Marginal 28T y HS1 vs las condiciones del suelo antes de la instalación del experimento. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), San Martín, Perú.

Parámetros	BIOL+EM-1	BIOL+CM	CM	EM-1	TESTIGO	Inicial (Tabla 1)
pH	6.57	6.52	6.50	6.40	6.40	6.40
CE dS·cm ⁻¹	0.14	0.19	0.10	0.08	0.08	0.08
CaCO ₃ %	<0.30	<0.30	0.80	0.55	0.38	0.38
MO%	2.27	2.48	2.30	2.30	1.90	2.00
N%	0.11	0.12	0.09	0.09	0.07	0.10
P mg·kg ⁻¹	1.96	2.37	5.29	6.39	5.20	5.21
K mg·kg ⁻¹	467.00	485.00	476.15	339.30	320.62	320.52
CICef cmolc·kg ⁻¹	20.13	17.60	20.33	15.11	14.22	14.30
Ca cmolc·kg ⁻¹	15.56	13.16	13.91	10.21	9.88	9.90
Mg cmolc·kg ⁻¹	2.84	2.83	4.35	3.43	2.85	2.90
K cmolc·kg ⁻¹	1.19	1.24	1.43	0.88	0.88	0.88
Arena %	28.00	26.00	30.00	27.00	34.00	30.00
Limo %	19.00	21.00	19.00	21.00	19.00	20.00
Arcilla %	53.00	53.00	51.00	52.00	47.00	50.00
Clase Textural	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso

Fuente: Laboratorio de suelo, aguas y foliares de la Estación Experimental Agraria (EEA) El Porvenir (2022)

El contenido de nitrógeno (%N) inicialmente, se encontró en la categoría de contenido medio, después de la aplicación de los biofermentos, permaneció en esa misma clasificación, con la excepción del testigo, que, al no recibir ninguna aplicación, descendió a la categoría de medianamente pobre.

El valor de fósforo disponible en el suelo al inicio se situó en la categoría de bajo, y al finalizar el experimento, se observó incremento de $0.07 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ con CM y $1.18 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ con el tratamiento EM-1, acercarse a la categoría de contenido medio.

En cuanto al potasio disponible, todos los valores se mantuvieron en la categoría de alto a lo largo del experimento. La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) al inicio se encontraba en la clasificación de suelo pobre y mantuvo esa clasificación en el caso del testigo. En cambio, después de la aplicación de los demás tratamientos, el CIC fue reclasificado como suelo de categoría media.

El contenido de cationes intercambiables, como el calcio, al final de las aplicaciones, se clasificó en la categoría alta, a diferencia del testigo que tuvo un descenso $0.08 \text{ cmolc}\cdot\text{kg}^{-1}$ con respecto al valor inicial en el suelo, que se encontró en la categoría media.

En cuanto al magnesio, solo en los tratamientos CM y EM-1 se clasificaron como alto por presentar incremento del $1.45 \text{ cmolc}\cdot\text{kg}^{-1}$ y $0.53 \text{ cmolc}\cdot\text{kg}^{-1}$ respectivamente con respecto al testigo, mientras que, en el resto de los tratamientos, incluyendo el testigo y el valor inicial del suelo, se mantuvo en la categoría de contenido medio. La clase textural se mantiene constante en la categoría arcillosa.

DISCUSIÓN

La inocuidad de los biofermentos en la tabla 2 se asegura al mantenerse por debajo de los $3 \text{ NMP}\cdot\text{mL}^{-1}$, umbral que señala la ausencia de coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas* sp, valor que indica ausencia (Alarcón *et al.*, 2019). Este bajo nivel de concentración se atribuye al pH ácido (Tabla 3) generado durante el proceso de fermentación anaeróbica, que actúa como un factor limitante para la proliferación de microorganismos presentes en las excretas, transformando efectivamente los biofermentos en un producto seguro y apto para el uso por parte de los productores (Ruvalcaba-Gómez *et al.*, 2019). Esta característica distintiva no solo garantiza la inocuidad del producto, sino que también destaca la importancia del proceso de fermentación en la creación de un entorno desfavorable para la supervivencia de microorganismos perjudiciales, consolidando así su idoneidad para el uso agrícola.

La floración femenina se retrasó 10 días en comparación con la floración masculina en todos los tratamientos, especialmente en la variedad Marginal 28T, que en experimentos similares con bioabonos en trópico seco reporta 4 a 6 días de diferencia entre el inicio de floración masculina y la femenina (Díaz-Chuquizuta *et al.*, 2022). Durante este experimento se reportó solo en mes de mayo la mayor precipitación acumulada (135.70 mm), a diferencia de otros meses, esto coincidió con los estados fenológicos V12 (doce hojas) y VT (inicio de anthesis), y afecto provocando encharcamiento característicos en suelos de textura arcillosa, cuyos espacios de aire son limitados entre sus partículas del suelo, tiene más microporos y con lluvias prolongadas, disminuye la aireación al retener más agua, limitando los espacios de aire entre las partículas, esto es perjudicial en las raíces, para el desarrollo óptimo de las plantas, ya que desempeña un papel importante en diversos procesos metabólicos prioritarios entre ellos la fijación simbiótica de nitrógeno y la absorción de nutrientes a través de las raíces que tienen impacto en el crecimiento y desarrollo general de la planta como se aprecia en la variable de floración (Pineda-Pineda *et al.*, 2020).

En todas las variables se observa que la variedad Marginal 28T, responde mejor a la aplicación de los consorcios microbianos que el híbrido HS-1, una de las ventajas de una variedad de polinización libre como Marginal 28T, aparte de su estabilidad genética, es su adaptabilidad a condiciones ambientales y agronómicas que permitan disminuir los costos de producción en productores que desean practicar la agricultura orgánica, aumentando la sustentabilidad de sus agroecosistemas (Biasutti *et al.* 2021).

En este experimento se demuestra que la variedad Marginal 28T alcanza la mayor altura de planta con el biofermento a base de BIOL+CM, debido a su mayor contenido de Nitrógeno ($1200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), como se muestra en la tabla 3, estando esto relacionado con su mayor contenido de bacteria fijadoras de vida libre encontrándose en este grupo los géneros *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Beijerinckia*, *Azoarcus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Bacillus* y Actinomicetos que también se encuentran mayor cantidad como fijadores de nitrógeno siendo muy utilizados en agricultura para la producción de biofertilizantes capaces de fijar nitrógeno atmosférico (Huamán y Perales, 2021; Tanya-Morocho y LeivaMora 2019), se encuentran en suelos y tienen efectos beneficiosos en el crecimiento de las plantas sistematizando sustancias promotoras del crecimiento como ácido indolacético en el caso del género *Azotobacter* (Pilatuña-Quishpe *et al.*, 2021), cuya concentración fue $11.5 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ en BIOL+CM, siendo mayor que en los demás biofermentos (Tabla 2). A ello puede deberse que el suelo en donde se aplicó BIOL+CM en la variedad Marginal 28T y en el híbrido HS-1, reporte en el

análisis mayor porcentaje de Nitrógeno (0.12%) como se observa en la tabla 5, incrementando las reservas de este elemento en el suelo para el próximo ciclo del cultivo.

Los mismo ocurre con la altura de mazorca y área foliar, por el efecto las bacterias en promover el crecimiento, ya que contribuyen a incrementar la absorción de N a comparación del testigo, en muchos casos este aumento va del 21 al 42% (Caviedes-Cepeda *et al.*, 2022). El área foliar tiene relación con el rendimiento ya que a mayor superficie foliar existe mayor capacidad de producción de materia de reserva y esta vinculado a los contenidos de nitrógeno que es el elemento juega un papel importante en el rendimiento, así como otros nutrimentos fósforo, potasio principalmente (Gutiérrez-Peña *et al.*, 2022). En este experimento se encontró mayor significancia en la fuente de variación de cultivar correspondiente a la variedad Marginal 28T, se puede afirmar la influencia de la genética como su ventaja por ser una variedad de polinización libre.

En cuando al diámetro de tallo, se observó un fenómeno contrario al mencionado anteriormente. Se evidenció que los promedios de este parámetro fueron significativamente mayores en el híbrido HS-1, el cual se atribuye al vigor híbrido inherente a este cultivar, el cual permite a la planta mejorar su estructura, mejorar la traslocación de nutrientes y expresar al máximo los rendimientos de grano como menciona Rimieri (2023), subraya la importancia de considerar no solo el tipo de híbrido, sino también su vigor, al evaluar las características morfológicas de las plantas, ya que esto puede influir significativamente en su desarrollo y, por ende, en su rendimiento productivo. La relación entre el diámetro del tallo y el vigor híbrido destaca la complejidad de los factores que contribuyen al éxito agronómico y refuerza la relevancia de seleccionar híbridos con atributos específicos que promuevan un crecimiento estructural robusto y una eficiente utilización de los nutrientes disponibles.

Por último, el rendimiento de grano esta influenciado por los biofermentos y los cultivares, siendo en este caso la variedad Marginal 28T, quien mejor responde a la aplicación de los biofermentos, específicamente del BIOL+CM, por tener más nutrimentos a disposición de la planta (Tabla 3), que se explica por bajo porcentaje de materia orgánica. Esto es posible por tener una gran carga microbiana en cuanto a bacterias fijadoras de vida libre, bacterias solubilizadoras de fosfato que permiten la producción de ácidos orgánicos como glucónico y cetoglucónico, transformando el P no disponible acumulado en el suelo a disponible, siendo clave para la nutrición del cultivo con influencia en la floración y producción (Ramos-Cabrera *et al.*, 2021), así mismo por el contenido de hongos micorrízicos que cumplen la misma función que las bacterias solubilizadoras de P y por ultimo su alta

producción de ácido indolacético promotor del crecimiento de las plantas.

Estos hallazgos afirman lo mencionado por Castro-Barquero y González-Acuña (2021) y Sarmiento *et al.* (2019), ya que se observado que los consorcios microbianos CM y EM-1, a pesar de presentar mayor cantidad de bacterias fijadoras de vida libre y solubilizadoras de fosfatos por mililitro (Tabla 2), si no van dentro del proceso de fermentación anaeróbica con otros insumos como estiércol de vacuno, leche y otros para obtener biofermento, no lograran aportar con eficiencia (Tabla 3) al crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz ya sea híbrido o una variedad.

Se establece claramente que los maíces híbridos exigen condiciones más rigurosas a fin de alcanzar su máximo rendimiento superiores a las $8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, ya que necesitan niveles superiores de fertilidad cuyas dosis de fertilización van hasta de $260 - 120 - 140$ de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$, humedad con gasto de agua de $6 \text{ 039 m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ durante los 120 días del cultivo, siendo importante en la germinación uniforme y dos semanas antes y después de la floración y un entorno climático apropiado considerando la temperatura optima media 25 a 30°C , para desplegar todo su potencial productivo (Cieza *et al.*, 2020; Chávez *et al.*, 2022). El cultivo de maíces híbridos va más allá de la simple siembra en el suelo, requiere una gestión nutricional precisa, una eficiente programación de riego y una cuidadosa consideración de las condiciones climáticas.

Se realizó el análisis de suelo de cada tratamiento después de la cosecha del experimento, como se muestra en la tabla 5, los valores de conductividad eléctrica son altos en BIOL+EM-1 y BIOL+CM a diferencia de los demás, aunque no representaron un peligro para el desarrollo de Marginal 28T y el híbrido HS-1, se confirma que el estiércol vacuno al ser transformado en biofermento tiende a incrementar la conductividad eléctrica, pero es mitigado al realizar las diluciones en agua hasta alcanzar la CE que requieren los cultivos (García-Gonzales *et al.*, 2020).

El BIOL+CM, incrementa las reservas de materia orgánica en el suelo, a comparación del análisis inicial del campo ($2.00\% \text{ MO}$) permitiendo mayor porcentaje de nitrógeno disponible ($0.12\% \text{ N}$) por la intervención de las bacterias fijadoras de vida libre y de actinomicetos, este último se destacan por acción solubilizadora de tejido celular vegetal, siendo muy importante en la producción de compost y en la formación de suelos (Tanya y Leiva-Mora, 2019), por lo que se asegura el aporte de nitrógeno para próximas siembras, así como de otros elemento en el suelo como fósforo y potasio esenciales en el cultivo de maíz amarillo duro. En el testigo se apreció que el porcentaje de materia orgánica y de nitrógeno se redujo con respecto al análisis de suelo inicial en $0.10\% \text{ de MO}$ y $0.30\% \text{ N}$, respectivamente, debido

que el cultivo de maíz es muy exigente en este elemento (extrae 22 kg de N por tonelada de grano seco por hectárea), por lo tanto, al no realizar una estrategia de mantenimiento de la fuente de nitrógeno, se tendría bajos rendimientos de grano en muchos casos por debajo de las 2 t·ha⁻¹.

El contenido de fósforo disponible fue bajo en los suelos que tuvieron aplicación de BIOL+EM-1 y BIOL+CM, esto se puede deberse a la presencia de bacterias solubilizadoras de fósforo y hongos micorrízicos, que permiten que este elemento sea asimilado por la planta, reflejándose en los resultados de rendimiento de grano (tabla 4), que fueron superiores a los demás tratamientos.

En el caso del potasio se notó un incremento de su disponibilidad en respuesta a la aplicación de BIOL+EM-1 y BIOL+CM, del mismo modo al aplicarse los biofermentos CM y EM-1, con respecto al testigo. Los elementos Mg y Ca también se incrementa su presencia en los análisis de suelo y considerándose que fueron asimilados por la planta debido a los rendimientos de grano obtenido en el experimento.

Esto nos lleva a decir que los biofermentos BIOL+CM y BIOL+EM-1, presentaron una alta carga y diversidad microbiana incluyendo poblaciones de hongos que fueron los más predominantes (59 x 10³ UFC·mL⁻¹ en BIOL+CM y 52 x 10³ UFC·mL⁻¹ en BIOL+EM-1), pero en algunos casos con contenidos bajo en elementos nutritivos, por ello, al no realizar estrategias de manejo de suelos como el aporte de materia orgánica limitan las potencialidades de estos consorcios microbianos (Castro-Barquero y González-Acuña, 2021).

CONCLUSIONES

La investigación resalta el efecto de emplear consorcios microbianos provenientes de bosque naturales y su acción combinada en la producción de abono líquido fermentado (biol), destacándose el tratamiento BIOL+CM, demostrando su capacidad para mejorar el crecimiento y la producción de grano de maíz amarillo duro en la variedad Marginal 28T y HS-1, haciendo posible la generación de estrategias para la agricultura familiar y seguridad alimentaria en condiciones de trópico seco.

Agradecimientos

Al equipo técnico del Programa Nacional de Investigación de Maíz de la Estación Experimental Agraria El Porvenir INIA, conformado por Melbin Mendoza Paredes, Pedro Mendoza Paredes, Marco Tenazoa Flores y Jorge Torres Paredes y al proyecto suelos y aguas con código único de inversión N° 2487112, por la contribución en la generación del presente documento.

Funding. It was financed with resources from the National Institute of Agrarian Innovation through the projects: “Development and adoption of technologies and cultivars of high-productivity hard yellow corn adapted to coastal and jungle conditions” and “Improvement of research and technology transfer services in the management and recovery of degraded agricultural soils and water for irrigation in small and medium-sized agriculture”

Conflict of interests. The authors declare they have no conflicts of interest.

Compliance with ethical standards. The authors do not have statements in this sense for not applying.

Data availability. The data can be requested from the corresponding author.

Author contribution statement (CRediT). **H. Díaz-Chuquizuta**– Investigation, Supervision, Methodology. **P. Díaz-Chuquizuta** – Conceptualization, Investigation, Writing, original draft, Methodology. **Y.G. Arévalo-Aranda** – Formal analysis, Methodology, Project administration

REFERENCES

- Alarcón, J., Recharte, D.C., Yanqui, F., Moreno, M., Montes, I.M. and Buendía, M.A., 2019. Elaboración de un biofertilizante a partir de microorganismos eficientes autóctonos en Perú. *Anales Científicos*, [e-journal], 80(2), pp. 515-522. <https://doi.org/10.21704/ac.v80i2.1484>
- Alarcón, J., Recharte, D.C., Yanqui, F., Moreno, S.M. and Buendía, M.A., 2020. Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Scientia Agropecuaria*, [e-journal], 11(1), pp. 67-73. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.08>
- Aybar-Camacho, C., Lavado-Casimiro, W., Sabino, E., Ramírez, S., Huerta, J. and Felipe-Obando, O., 2017. *Atlas de zonas de vida del Perú – Guía Explicativa*. [Libro electrónico] Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Dirección de Hidrología. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01402SENA-9.pdf> [Consultado el 15 de octubre de 2023]
- Bartlett, M. S., 1937. Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Society of London Series A*, [e-journal], 160, pp. 268–282. <https://doi:10.1098/rspa.1937.0109>.

- Biasutti, C. A., Bongianino, N. and Torre, M. V., 2021. Nuevas variedades de maíz (*Zea mays* L.) para la zona semiárida de la provincia de Córdoba, Argentina. *Agriscientia*, [e-journal], 38(1), pp. 141-150. <https://dx.doi.org/10.31047/1668.298x.v38.n1.32098>
- Castro-Barquero, L. and González-Acuña, J., 2021. Factores relacionados con la activación líquida de microorganismos de montaña (MM). *Agronomía Costarricense*, [e-journal], 45 (1), pp. 81–92. <https://dx.doi.org/10.15517/rac.v45i1.45703>
- Chávez, A., Narro, L.A., Jara, T.W., Narro, T.P., Medina, A.E., Cieza, I., Díaz, P., Alvarado, R. and Escobal, F., 2022. Technologies available to increase corn production in Peru, *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, [e-journal], 14(1), pp. 1-31. <https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2507>
- Cieza, I., Jara, T.W., Terrones, R., Figueroa, Y.C., and Valdera, A., 2020. Características agronómicas, componentes de producción y rendimiento de grano de híbridos de maíz (*Zea mays*). *Manglar*, [e-journal], 17(3), pp. 261–267. <http://doi.org/10.17268/manglar.2020.038>
- Caviedes-Cepeda, M., Carvajal-Larenas, F. and Zambrano-Mendoza, J. L., 2022. Generación de tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays*. L) en el Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, [e-journal], 14(1), <https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588>
- Dei, H.K., 2017. Assessment of Maize (*Zea mays*) as Feed Resource for Poultry. En: M. Manafi, ed., *Poultry Science*. IntechOpen, London. pp. 1-32. <https://doi.org/10.5772/65363>
- de Mendiburu, F., 2023. *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research*. R Package versión 1.3-7. <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae> [Consultado el 25 de octubre de 2023]
- Díaz-Chuquizuta, P., Hidalgo-Meléndez, E., Mendoza-Paredes, M., Cieza-Ruiz, I., Jara-Calvo, T.W. and Valdés-Rodríguez, O.A., 2023. New thilinear hybrid of hard yellow corn for the Peruvian tropic. *Agronomía Mesoamericana*, [e-journal], 34(1), pp. 51177. <https://doi.org/10.15517/am.v34i1.51177>
- Díaz-Chuquizuta, P., Hidalgo-Meléndez, E., Cabrejo-Sánchez, C. and Valdés-Rodríguez, O.A., 2022. Response of maize (*Zea mays* L.) to foliar application of liquid organic fertilizers. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, [e-journal], 38(2), pp. 144-153. <https://doi.org/10.29393/CHJAA38-14RMPO40014>
- Díaz, P.; Hidalgo, E., Mendoza, M. and Jara, T., 2022. *Guía técnica para el manejo del cultivo de maíz amarillo duro en la selva*. [Libro electrónico]. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). <http://pgc-snia.inia.gob.pe:8080/jspui/handle/20.500.12955/1867> [Consultado el 15 de octubre de 2023]
- Escalona-Sánchez, A., Gavilanez-Buñay, T., Francisco-Yépez, A. and Ramírez-Guerrero, H.O., 2021. Uso de enmiendas en la producción de maíz para ensilaje con riego orgánico mineral. *Agronomía Costarricense*, [e-journal], 45(1), pp. 177-192. <https://dx.doi.org/10.15517/rac.v45i1.45769>
- García-Gonzales, E., Diaz-Chuquizuta, P., Hidalgo-Meléndez, E. and Aguirre, O., 2020. Respuesta del cultivo de maíz a concentraciones de estiércol bovino digerido en clima tropical húmedo, *Manglar*, [e-journal], 17(3), pp. 203-208. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.030>
- Gutiérrez-Peña, R., Alonzo-Griffith, L.A. and Rasche-Alvarez, J.W., 2022. Fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenados en cultivo de maíz para ensilado. *Revista Científica de la UCSA*, [e-journal], 9(3), pp. 59-71. <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2022.009.03.059>
- Huamán, A.P. and Perales, A., 2021. Efecto de micorrizas y actinomicetos en el *Zea mays* L. cultivado en invernadero. *Revista de Investigación Científica Siglo XXI*, [e-journal], 1(2), pp. 09–23. <https://doi.org/10.54943/rcsxxi.v1i1.155>
- Kosty, M., Pule-Meulenberg, F., Humm, E.A., Martínez-Hidalgo, P., Maymon, M., Mohammadi, S., Cary, J., Yang, P., Reddi, K., Huntemann, M., Clum, A., Foster, B., Foster, B., Roux, S., Palaniappan, K., Varghese, N., Mukherjee, S., Reddy, T.B.K., Daum, C., Copeland, A., Ivanova, N.N., Kyrpides, N.C., Glavina del Rio, T., Eloie-Fadrosh, E.A. and Hirsch, A.M.,

2020. Isolation of potential plant growth-promoting bacteria from nodules of legumes grown in arid Botswana soil, [Preprint], *bioRxiv*, <https://doi.org/10.1101/2020.09.02.257907>
- Medina-Saavedra, T., Dzul-Cauich, J., Arroyo-Figueroa, G., García-Vieyra, I., Quiñones-Páramo, M. & Mexicano-Santoyo, L., 2021. Microorganismos de montaña y ensilado de maíz como probióticos en la engorda de conejos. *Abanico Veterinario*, [e-journal], 11, p. e401. <https://doi.org/10.21929/abavet2021.7>
- Pilatuña-Quishpe, M.F., González-Parra, M.M., Mero-García, M.E. and Risco-Arias, D., 2021. Evaluación agronómica de bacterias fijadoras de nitrógeno aisladas de suelos andinos en plántulas de lechuga y tomate. *Investigación Agraria*, [e-journal], 23 (1), pp. 47-52. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2021.junio.2301680>
- Pineda-Pineda, J., Moreno-Roblero, M. de J., Colinas-León, M.T. and Sahagún-Castellanos, J., 2020. El oxígeno en la zona radical y su efecto en las plantas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [e-journal], 11(4), pp. 931-943. <http://dx.doi.org/10.29312/remexca.v11i4.2128>
- Ramos-Cabrera, E.V., Delgado-Espinosa, Z.Y., Murillo-Muñoz, R.A., Muñoz-Díaz, V.E. and Hoyos-García, J., 2021. Evaluación de bacterias endofíticas solubilizadoras de fósforo en café, una alternativa sostenible. *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, [e-journal], 19 (2), pp. 94-107. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n2.2021.1554>
- Restrepo, J. and Agredo, D., 2020. *Un nuevo ABC de la agricultura orgánica. Mierda a la carta*. Santiago de Cali: BIC S.A.S.
- Rimieri, P., 2023. Historia y perspectivas del mejoramiento genético del maíz forrajero en la Argentina. *BAG. Journal of Basic and Applied Genetics*, [e-journal], 34(1), pp. 31-39. <https://dx.doi.org/10.35407/bag.2023.34.01.02>
- Rodríguez-Bustos, L., Galicia, L., Chávez-Vergara, B., and Beltrán-Paz, O., 2022. La actividad metabólica microbiana como legado del manejo agrícola en agroecosistemas de maíz del Altiplano de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, [e-journal], 25(3), art. 090. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3911>
- Royston, P., 1982. An Extension of Shapiro and Wilk's W Test for Normality to Large Samples. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, [e-journal], 31(2), pp. 115-124. <https://doi.org/10.2307/2347973>
- Ruvalcaba-Gómez, J.M., Arteaga-Garibay, R.I., Domínguez-Araujo, G., Galindo-Barboza, A.J., Salazar-Gutiérrez, G., Martínez-Peña, M.D. and Delgado-Macuil, R.J., 2019. Uso de bacterias ácido lácticas para descontaminación de estiércol porcino mediante ensilaje experimental. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, [e-journal], 35(1), pp. 247-257. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.01.18>
- Sarmiento-Sarmiento, G., Peña-Dávila, J. and Medina-Dávila, H., 2022. Impacto de tres sistemas de labranza en la fertilidad de un suelo entisol en zonas áridas. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 38(1), pp. 104-113. <https://dx.doi.org/10.29393/chjaas38-10itgh30010>
- Sarmiento, G.J., Amézquita, M.A. and Mena, L.M., 2019. Uso de bocashi y microorganismos eficaces como alternativa ecológica en el cultivo de fresa en zonas áridas. *Scientia Agropecuaria*, [e-journal], 10(1), pp. 55-61. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.06>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2002. *Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis*. Diario Oficial la Federación. <https://bit.ly/3GxxcZu>
- Sotomayor, A., Mejía, P., Morocho, D., Gaona, P., Viteri, P., Medina, L. and Viera, W., 2022. Consorcios microbianos aplicados en un sistema de producción de plántulas de aguacate cultivar "Criollo". *Manglar*, [e-journal], 19(1), pp. 15-23. <https://dx.doi.org/10.17268/manglar.2022.002>
- Sterren, M.A., Benintende, S. M., Urich, W. and Barbagelata, P., 2019. Efecto de la aplicación de glifosato sobre los microorganismos del suelo en distintas prácticas de manejo. *Ciencia del Suelo*, [e-journal], 37(1), pp. 66-76. <https://www.suelos.org.ar/publicaciones/V>

- [olumen37n1/7-%20477%20WEB.pdf](#)
[Consultado el 18 de diciembre de 2023].
- Tanya-Morocho, M. and Leiva-Mora, M., 2019. Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, [e-journal], 46(2), pp. 93-103.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093&lng=es&tlng=es
[Consultado el 15 de octubre de 2023].
- Torres, J.C., Aguilar, CE., Vázquez, H., Solís, M., Gómez, E. and Aguilar, J. R., 2022. Evaluación del uso de microorganismos de montaña activados en el cultivo de rosas, Zinacantán, Chiapas, México. *Siembra*, [e-journal], 9(1), p. e3500.
<https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3500>
- Vásquez-Arroyo, J., Ramírez-Guajardo, Z., Blanco-Contreras, E., Nava-Reyna, E., Zapata-Sifuentes, G., Vaca-Paniagua, F., Díaz-Velásquez, C., De la Cruz-Montoya, A., Valenzuela-Núñez, L., and García-De la Peña, C., 2023. Impacto a largo plazo del manejo agroecológico del maíz sobre las comunidades bacterianas y la salud del suelo en el norte árido de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, [e-journal], 26(3), art. 107.
<http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.4808>