

Influencia de BIOLES en la producción de maíz (*Zea mays* L) como estrategia de seguridad alimentaria desde la agroecología. Caso de estudio en Chivatá, Boyacá¹

Influence of BIOLES in the production of maize (*Zea mays* L.) as a food security strategy from agroecology. Case study in Chivatá, Boyacá

Y.N. Carrero y D.S. Useche

Recibido: febrero 16 de 2024 – Aceptado: diciembre 27 de 2024

Resumen—El uso de abonos orgánicos líquidos (BIOLES) desde la agroecología es una práctica utilizada en pequeñas asociaciones de agricultores que rescatan saberes ancestrales en torno al cuidado del ecosistema y manejo de los cultivos. Esta investigación evalúa la influencia de dos tipos de BIOLES en la producción del maíz (*Zea mays* L); el primero con estiércol de burros (T1), y el segundo, de llamas (T2). Entre los resultados se destaca una similitud de medias en las variables de crecimiento para los tres grupos de estudio (T0; parcela testigo, T1 y T2), cumpliendo una hipótesis nula bajo análisis ANONVA; es T0 el de mejores resultados para variables de Altura (h: 2,81 m), número de hojas (Nh: 11) y diámetro del tallo (Dt: 0,091 m), caso contrario al comportamiento de las variables de rendimiento productivo, donde T2 fue el más relevante y presentó diferencia significativa (Tukey $\alpha < 0,05$) en comparación con el grupo T0. Se concluye que los BIOLES, especialmente el T2, influye positivamente en el rendimiento productivo del cultivo de maíz desde un manejo agroecológico, lo que aporta la seguridad alimentaria de unidades familiares.

Palabras clave—Agroecología, economía circular, fertilización, seguridad alimentaria, *Zea mays* L.

Abstract—The use of liquid organic fertilizers (BIOLES) from agroecology is a practice used in small associations of farmers, rescuing ancestral knowledge around the care of the ecosystem and management of crops. This research evaluates the influence of two types of BIOLES on the production of maize (*Zea mays* L); the first with donkey dung (T1) and the second with llamas (T2). Among the results, a similarity of means is highlighted in the growth variables for the three study groups (T0; control plot, T1, and T2), fulfilling a null hypothesis under ANOVA analysis, with the former showing the best results for height (h: 2,81 m), number of leaves (Nh: 11), and stem diameter (Dt: 0,091 m), contrary to the behavior of the productive yield variables where T2 was the most relevant and showed a significant difference (Tukey $\alpha < 0.05$) compared to group T0. It is concluded that the BIOLES, especially T2, positively influences the productive yield of maize under agroecological management providing food security for family units.

Keywords—Agroecology, circular economy, fertilization, food security, *Zea mays* L.

I. INTRODUCCIÓN

LA manera de producir alimentos ha ido cambiando en la historia de la humanidad de acuerdo con los contextos sociales, políticos, económicos y ambientales. El primer cambio drástico en la agricultura, reconocido como Revolución Verde (1960), fue el proceso de mecanización, extensión y utilización de insumos agroquímicos, donde se incluyeron semillas mejoradas genéticamente para aumentar el rendimiento productivo de los cultivos. Sin embargo, este cambio ha traído consigo problemas socioambientales, como la migración de poblaciones rurales, la fragmentación de ecosistemas y degradación de estos por agentes contaminantes [1].

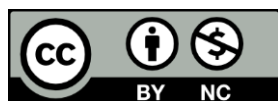
Las consecuencias a nivel mundial del paradigma agrocapitalista de la revolución verde contribuyó al surgimiento de los principios del enfoque agroecológico, entendido como una disciplina científica que aplica conocimientos de la agronomía, la ecología, la etnobotánica y otras ciencias afines, con una óptica holística y componente ético, para generar conocimientos y aplicar estrategias para

¹Producto derivado del proyecto de investigación “Producción de BIOL a partir de excretas de camélidos domésticos y equinos y su efectividad en el cultivo de Maíz (Granja VADAMA, Chivatá, Boyacá)”. Presentado por el Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental, Biodiversidad y Agroecología (GISABA) de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, a través de la convocatoria interna “Jóvenes Investigadores”.

Y.N. Carrero, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia, email: yina.carrero@uptc.edu.co.

D.S. Useche, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Tunja, email: dalia.useche@uptc.edu.co.

Como citar este artículo: Carrero, Y.N., y Useche, D.S. Influencia de BIOLES en la producción de maíz (*Zea mays* L) como estrategia de seguridad alimentaria desde la agroecología. Caso de estudio en Chivatá, Boyacá, Entre Ciencia e Ingeniería, vol. 18, no. 36, pp. 24-30, julio-diciembre 2024. DOI: <https://doi.org/10.31908/19098367.3078>.



diseñar, manejar y evaluar agroecosistemas sustentables [2].

Bajo la definición anterior, la agroecología se concentra en 10 principios; diversidad, creación e intercambio de conocimientos, sinergia, eficiencia, reciclaje, resiliencia, valores humanos y sociales, tradiciones alimentarias, gobernanza responsable y económica circular y solidaria [3]. De esta manera, existen diversas prácticas agroecológicas enmarcadas en uno o más de los ya mencionados, tal es el caso de la fertilización orgánica con aplicación de BIOLES; técnica utilizada comúnmente en pequeñas áreas de producción agrícola (< 1 Ha).

Ahora bien, el maíz (*Zea mays* L) gramínea de interés en el auge de la Revolución Verde, especialmente en México, lugar originario de su domesticación [4], es catalogado como uno de los cultivos más importantes en conjunto con el arroz y el trigo en el continente americano. A pesar de ello, la tecnificación en su producción ha afectado la seguridad alimentaria, al punto de depender de importaciones de países como Estados Unidos, por su alto nivel de rendimiento productivo (11 t/ha al año) [5]. En Colombia existen 23 variedades y 5.600 accesiones de semilla de maíz que contribuyen a la salvaguardia de la diversidad de esta, excepto que tan solo el 29 % de la producción nacional es basada en el sistema agroecológico [5].

Teniendo en cuenta lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la influencia de dos tipos de BIOLES como práctica agroecológica en el rendimiento productivo de un cultivo de maíz (*Zea mays* L) en el municipio de Chivatá (Boyacá, Colombia).

II. METODOLOGÍA

El marco metodológico adoptado fue deductivo, de carácter correlacional y enfoque cuantitativo. La secuencia metodológica comenzó con el establecimiento de las unidades experimentales o grupos de estudio (parcelas T0-T1-T2) y la caracterización físicoquímica del suelo. Posteriormente, la fabricación de biodigestores artesanales y BIOLES, seguida de la siembra y monitoreo del cultivo. Finalmente se llevó a cabo el análisis de la composición físicoquímica y microbiológica del BIOL y su influencia en variables de crecimiento y producción del cultivo.

A. Localización

La investigación se desarrolló en el Parque Agroturístico VADAMA ubicado en Chivatá (Boyacá). El municipio cuenta con una temperatura mínima promedio anual de 11,4 °C y máxima anual de 14,7 °C, precipitación promedio de 1.000 mm anuales, suelos arcillo-arenosos y una altura de 2.903 m s. n. m [6].

B. Área experimental

Se abarcó un área de trabajo de 140 m² integrada por tres parcelas; una testigo sin aplicación de BIOL (T0) y dos experimentales (T1 y T2). Cada parcela contó con un área de 10,5 m² y densidad de siembra de 48 plantas/parcela en distribución por surcos. El plano del área experimental se representa en la Fig. 1.

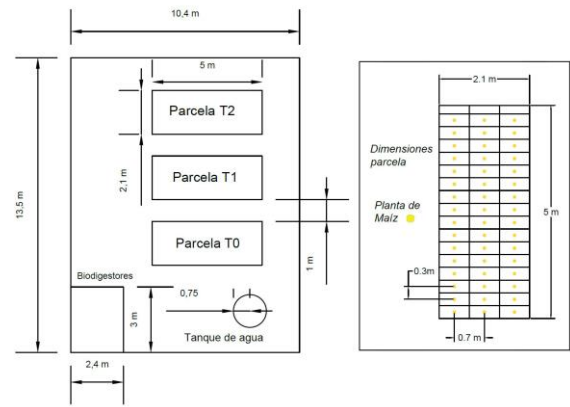


Fig. 1. Plano área experimental.

C. Caracterización físicoquímica del suelo

Para el análisis de suelo se tomaron dos muestras representativas (MS₁ y MS₂) de las tres parcelas en momentos temporales distintos; la primera, tomada en el predio con las condiciones iniciales del suelo y sin ningún tratamiento previo (MS₁), y la segunda, tras la aplicación de dos enmiendas orgánicas en cada parcela T0, T1 y T2 (MS₂), las cuales fueron gallinaza compostada y cáscara de papa pulverizada con una única aplicación de 40 kg y 1,5 kg, respectivamente. Esta última muestra se tomó como indicador para observar los cambios en la caracterización del suelo posterior a la aplicación de las enmiendas.

Los parámetros analizados en conjunto con el método analítico empleado fueron: textura - Bouyoucos; pH - Relación 1:1; Conductividad Eléctrica - Extracto de Saturación; Materia orgánica - Walkley - Black; Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio - Ext NH₄AC - Abs Atómica; y Fósforo - Abs Atómica y Bray II - Colorimetría.

D. Elaboración y caracterización de abonos orgánicos líquidos

Se fabricaron dos biodigestores artesanales con capacidad de 60 litros cada uno para posterior elaboración de dos abonos orgánicos líquidos; el primero a base de estiércol de burros y el segundo de llamas. El tiempo de sellamiento de los biodigestores fue de 60 días, teniendo en cuenta la temperatura promedio del lugar de estudio (12°C), variable que reduce la velocidad de reacción del proceso biológico, debido a su influencia en el crecimiento de los microorganismos [7].

Los insumos y cantidades usados en cada uno de los biodigestores para la elaboración de BIOL fueron: estiércol de burro o llama (15 kg), ceniza de leña (1,5 kg), levadura (0,06 kg), cáscara de huevo (1,5 kg), hojas frescas de *Eucalyptus globulus*, *Verbena litoralis* Kunth y *Trifolium pratense* L. (1 kg), agua (30 L), melaza (2 L) y suero de leche (2 L) [8], [9].

Los parámetros físicoquímicos y microbiológicos fueron seleccionados teniendo en cuenta lo recomendado por la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5167 del 2011 (segunda edición), de acuerdo con la clasificación de abonos o fertilizantes orgánico - minerales líquidos [10].

E. Selección de semilla y siembra

La semilla de maíz elegida fue porva o torva, tipo amarilla harinosa, adaptada a una elevación de 2.000 – 2.800 m s. n. m. y temperatura de 12-17°C; intervalo que se ubica dentro de las variables del municipio de Chivatá. Este tipo de semilla ha sido utilizada por campesinos cundiboyacenses, quienes afirman que esta es una variedad que recuerda los maíces antiguos por su gran tamaño, buen anclaje y grano grande [11].

La siembra se instauró a finales de marzo bajo el periodo lunar de cuarto menguante a luna nueva, considerada como la fase adecuada al favorecer el crecimiento del cultivo de maíz de la región andina, según principios de identidad territorial y tradiciones ancestrales campesinas [12].

F. Manejo del cultivo con enfoque agroecológico

La primera práctica implementada fue el Manejo Agroecológico de Plagas (MAP), en este caso, para el gusano negro trozador (*Agrotis ipsilon*), tras su presencia en el cultivo durante la etapa de desarrollo vegetativo. El manejo se realizó bajo método de control botánico con utilización de extractos naturales para la preparación de bioplagicidas [13]. En efecto, se realizó una mezcla de ajo, jengibre, cebolla y agua, dejando reposar durante 8 días para posterior aplicación de manera foliar y edáfica. El periodo de aplicación fue de cada ocho días, con dosis de 100 ml/planta durante aproximadamente un mes; adicionalmente, el MAP se complementó con actividades de monitoreo y eliminación manual. El resultado evidenció un control de la plaga con reducción del 85 % en relación con el conteo inicial tras dos semanas de su hallazgo y eliminación total al mes de aplicación.

La segunda práctica fue la fertilización orgánica por medio de BIOLES. Su aplicación se efectuó de manera foliar en las parcelas T1 y T2 a inicios de la etapa fenológica de desarrollo vegetativo, hasta la etapa de floración y fecundación del cultivo. La concentración del BIOL fue de 25 % [14], con dosis de aplicación de [250 – 400] ml/planta, dependiendo la altura y densidad del follaje, cada siete días. Adicionalmente, se realizó fertilización edáfica durante la etapa de floración y fecundación hasta la etapa de llenado de grano, con un periodo de aplicación de cada 15 días.

Como última práctica, se instauró una asociación de cultivo teniendo en cuenta el principio de alelopatía. Para ello, se utilizó arveja (*Pisum sativum* L.) leguminosa que contribuye, al estar asociada, en la fertilidad del suelo, supresión de

plantas arvenses, conservación y fijación de nutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) [15].

G. Variables

Las variables cuantitativas de muestreo se dividieron en dos tipos. La primera se denomina en esta investigación como variables de crecimiento, entre las cuales se encuentran la altura de la planta (h), número de hojas (Nh) y diámetro del tallo (Dt).

La segunda, variables de rendimiento productivo como altura de la planta (h), número de hojas (Nh), diámetro del tallo (Dt), número de mazorcas por planta (Nm), peso de la mazorca sin amero (Pm), longitud de la mazorca (Lm), diámetro del grano (Dg) y número de granos por mazorca

(NGm).

El muestreo de las variables se realizó bajo el tipo aleatorio simple con un subconjunto de 10 individuos (plantas) por parcela.

H. Análisis estadístico

Para las variables de rendimiento productivo se realizó un análisis estadístico de varianza (ANOVA) en los tres grupos de estudio (T0-T1-T2). Posteriormente, se aplicó la prueba *post hoc* de Tukey ($\alpha \leq 0,05$) para la comparación de medias, con un nivel de confianza del 95 % y diferencia mínima significativa de 0,029. Los análisis se realizaron con el *software* IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 21.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Caracterización fisicoquímica del suelo

Los resultados de MS₁ y MS₂ se observan en la Tabla I. El análisis e interpretación para la MS₁ nos indica la presencia de un suelo con textura franco arcillosa, la cual provee atributos como buena capacidad de infiltración del agua y buena retención de esta. Su pH es neutro y presenta un intervalo óptimo para el desarrollo del cultivo, por otro lado, el porcentaje de materia orgánica es buena, lo que le confiere al suelo capacidad de almacenamiento de agua y aprovechabilidad de fertilizantes por su contribución al mejoramiento de propiedades químicas, físicas y microbiológicas en el suelo.

Los macronutrientes analizados (Ca, Mg, K y P) presentan valores altos, lo que evidencia una buena presencia de nutrientes. En general, no se presentan limitaciones de sales, ni sodio; aunque se mostró un desbalance de Mg y Ca por los altos contenidos de K, situación similar a lo obtenido en la MS₂

Los resultados de la MS₂ evidencian un aumento en el % de MO, lo cual eleva la capacidad de intercambio catiónico; adicionalmente, es un parámetro esencial para la reserva nutricional de los organismos que viven en el suelo. Esta alza, en conjunto con el del P, el cual tuvo un porcentaje de incremento del 293 %, puede deberse principalmente a la incorporación de gallinaza compostada como tratamiento al suelo preliminar a la siembra, seleccionado por su aporte nutricional en N; considerado como el macronutriente más importante para el cultivo de maíz [16].

B. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los BIOLES.

El pH arrojó valores para los dos tratamientos dentro del rango de 6,5 a 8 (Tabla II), por lo que se clasifica como neutro y se sitúa dentro del valor máximo recomendado según la NTC 5167/11 [10]. Este rango es un resultado común en procesos de elaboración de abonos debido a la desmineralización o descomposición de materia orgánica volátil [17].

TABLA I. RESULTADO Y ANÁLISIS DE LA CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DEL SUELO.

Parámetro	Unidad de medida	Método analítico	Resultado MS1	Análisis MS1	Resultado MS2	Análisis MS2
Textura	Porcentaje	Bouyoucos	37% A- 32% L- 31% Ar	Franco Arcilloso	50% A- 36% L- 14% Ar	Franco
pH		Relación 1:1	6,85	Neutro	6,78	Neutro
Conductividad Eléctrica	dSm-1	Extracto de Saturación	0,72	No salino	0,94	No salino
Materia Orgánica	Porcentaje	Walkley - Black	6,97	Optimo	11,5	Alto
Calcio (Ca)	cmol*Kg-1 de suelo	Ext NH4AC - Abs Atómica	11,13	Alto	12,52	Alto
Magnesio (Mg)	cmol*Kg-1 de suelo	Ext NH4AC - Abs Atómica	2,61	Alto	2,55	Alto
Potasio (K)	cmol*Kg-1 de suelo	Ext NH4AC - Abs Atómica	1,51	Alto	2,93	Alto
Sodio (Na)	cmol*Kg-1 de suelo	Ext NH4AC - Abs Atómica	0,08	Bajo	0,07	Bajo
Fósforo (P)	ppm	Bray II - Colorimetría	78,3	Alto	307,9	Alto
Ca/Mg	---	---	4,26	Medio	4,91	Medio
Ca/K	---	---	7,37	Bajo	4,27	Bajo
Mg/K	---	---	1,73	Bajo	0,87	Bajo
K/Mg	---	---	0,58	Alto	1,15	Alto
(Ca + Mg)/K	---	---	9,1	Bajo	5,14	Bajo

A: Suelos arcillosos, L: Suelos limosos, Ar: Suelos arenosos.

TABLA II. RESULTADOS CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LOS BIOLES.

Parámetro	Valor de referencia NTC 5167/11 [10]	T1	T2
pH	Max. 8.5	6,55	7,32
Densidad (g/cm ³)	Reportar	1,12	1,12
Conductividad eléctrica (mS/cm)	Reportar	14,85	15,55
Carbono orgánico Total (COT) (g/L)	Reportar	10,8	6,53
Sodio Total (Na) (mg/L)	Reportar	91	110
Fósforo Total (P) (mg/L)	Reportar	54,3	53
Potasio Total (K) (mg/L)	Reportar	350	370
Plomo (Pb) (ppm)	Max. 300	0,127	0,149
Cadmio (Cd) (ppm)	Max. 39	0,008	0,01
Níquel (Ni) (ppm)	Max. 420	0,55	0,68
Mercurio (Hg) (ppm)	Max. 17	< 0.2	< 0.2
<i>Salmonella sp</i>	Ausente en 25g	Ausencia	Ausencia
Coliformes totales (UFC/g)	< 1000 NMP o UFC/g	5900	450

UFC: Unidades formadoras de colonias, NMP: Número más probable, ISO: Organización Internacional de Estandarización; NTC: Norma Técnica Colombiana.

En cuanto a la conductividad eléctrica (CE), se obtuvieron valores muy similares entre T1 y T2 (14 - 15 mS/cm) (Tabla II), clasificándose como no salino, lo cual se atribuye a la no utilización de sulfato de potasio para la elaboración de BIOL; suplemento que se relaciona con el aumento de CE en investigación similar [18]. Cabe resaltar que los valores obtenidos en este parámetro fueron determinantes para establecer la concentración de aplicación de los bioles por técnica foliar (25%), con objetivo de no causar afectaciones en

la planta.

Con relación a macronutrientes, según la guía de campo de cultivos andinos [19], se afirma que el estiércol animal contiene 0,5 % de nitrógeno, 0,25 % de fósforo y 0,5 % de potasio, lo que representa que una tonelada de estiércol ofrece en promedio 5kg de nitrógeno, 2,5 kg de fósforo y 5kg de potasio. En concordancia con lo anterior, se observa en la Tabla II que el potasio es el macronutriente analizado con mayor concentración en T1 y T2 (350 y 370 mg/L), lo que corresponde a un incremento del 85 % con relación con el fósforo. Para el sodio considerado como micronutriente, se obtuvieron valores superiores a los del fósforo en los dos tratamientos (91 y 100 mg/L).

Los metales pesados Pb, Cd, Ni y Hg obtuvieron valores significativamente inferiores con relación al valor de referencia (Tabla II), lo cual representa ausencia de riesgo para la salud humana y animal. Estos resultados pueden atribuirse a la utilización directa de agua lluvia como insumo para la elaboración de BIOLES, reduciendo las posibilidades de encontrar valores elevados de metales pesados por contaminación en fuentes hídricas o ineficientes procesos de tratamiento de agua residual y potable.

Por último, los parámetros microbiológicos arrojaron cumplimiento en la normatividad vigente en ambos tratamientos para *salmonella sp*, mientras que superiores en coliformes totales para T1 (Tabla II). La presencia o ausencia de bacterias se pudo predecir por variables cualitativas al momento de abrir los biodigestores, puesto que se apreciaron características óptimas de color, olor y presencia de capa densa superior (nata) sin muestras de contaminación para T2, mientras que T1 evidenció poca presencia de nata, color oscuro y olor fuerte.

C. Crecimiento y rendimiento productivo del cultivo de Maíz (*Zea mays* L)

En la Tabla III se observan los datos promedio mensuales de variables de crecimiento como altura de la planta (h), número de hojas (Nh) y diámetro del tallo (Dt). Los datos reflejan que la etapa de desarrollo vegetativo del cultivo tuvo

una duración aproximada de 5 meses (abril-agosto), periodo en el cual se presentó un comportamiento ascendente en las tres variables ya mencionadas. La parcela de tratamiento T0 (testigo) es la de mejores resultados de crecimiento (hmax: 2,81m; Nhmax: 11; Dtmax: 0,091m).

TABLA III. RESULTADOS VARIABLES DE CRECIMIENTO POR MES.

MES	h (m)			Nh			Dt (m)		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2
1. Abril	0,23	0,22	0,20	2,00	2,00	2,00	-	-	-
2. Mayo	0,54	0,52	0,54	6,00	6,00	6,00	-	-	-
3. Junio	1,27	1,15	1,15	9,00	9,00	9,00	-	-	-
4. Julio	2,12	1,90	1,85	10,00	10,00	9,00	-	-	-
5. Agosto	2,63	2,60	2,60	11,00	11,00	10,00	0,091	0,084	0,088
6. Septiembre	2,70	2,66	2,64	11,00	11,00	10,00	0,091	0,084	0,088
7. Octubre	2,81	2,80	2,70	11,00	11,00	10,00	0,091	0,084	0,088
8. Noviembre	2,81	2,80	2,70	11,00	11,00	10,00	0,091	0,084	0,088
Significancia (0,05)	$\alpha < 0,989$			$\alpha < 0,900$			$\alpha < 0,989$		

Es importante mencionar que la parcela T2 fue sometida a una perturbación por animales rumiantes en el mes de mayo, lo que afectó una totalidad de 23 plantas, motivo por el cual se realizó resiembra y aplicación inmediata de BIOL. A pesar de ello, la altura promedio de las plantas de T2 logró alcanzar un factor de crecimiento similar a las plantas del T0 y T1 (sin perturbación) (Tabla III).

Entrando en detalle en variables de rendimiento productivo,

como el número de mazorcas por planta (Nm) (Tabla IV. a), T2 obtuvo los mejores resultados representado en un 94 % de plantas con mazorca en relación con la densidad total, seguido de T1, con el 88 %, y finalizando con T0, con 77 %. Del mismo modo, el tratamiento T2 presentó la mayor cantidad de plantas con tres mazorcas (9), lo que representa un buen indicador de producción.

TABLA IV. RESULTADOS VARIABLES DE RENDIMIENTO PRODUCTIVO.

a.

Tratamiento	Nm (1)	Nm (2)	Nm (3)	Plm	Dp	(Pm/Dp) x 100
T0	61	17	0	78	101	77
T1	65	31	4	100	113	88
T2	44	19	9	72	77	94

b.

Muestra	Pm (Kg)			NGm			Dg (m)			Lm (m)		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2
1	0,10	0,14	0,19	30	121	119	0,014	0,013	0,017	0,17	0,11	0,12
2	0,12	0,14	0,21	49	118	143	0,02	0,015	0,012	0,14	0,15	0,176
3	0,12	0,16	0,21	55	128	136	0,016	0,012	0,02	0,14	0,134	0,138
4	0,13	0,16	0,22	54	211	173	0,01	0,015	0,019	0,118	0,12	0,13
5	0,16	0,19	0,23	75	151	175	0,016	0,018	0,016	0,11	0,17	0,17
6	0,16	0,22	0,24	130	168	163	0,014	0,018	0,016	0,12	0,167	0,15
7	0,17	0,22	0,25	98	177	171	0,015	0,018	0,016	0,15	0,159	0,183
8	0,18	0,23	0,29	131	198	218	0,013	0,02	0,018	0,143	0,157	0,184
9	0,19	0,25	0,30	145	201	207	0,014	0,018	0,017	0,016	0,148	0,18
10	0,22	0,28	0,30	162	133	197	0,015	0,015	0,021	0,15	0,178	0,18
Promedio	0,15	0,20	0,24	92,90	160,60	170,20	0,01	0,02	0,02	0,13	0,15	0,16
Significancia	p < 0,0003			p < 0,0001			p < 0,10			p < 0,04		

a). Tabla relación de número de mazorcas por planta con densidad total de plantas por parcela. Nm(1): plantas con 1 sola mazorca, Nm(2) plantas con 2 mazorcas, Nm(3) plantas con 3 mazorcas, Plm: plantas con mazorca (s), Dp: densidad de plantas por parcela. b). Tabla de variables de rendimiento productivo en muestra aleatoria por parcela.

Para las variables de peso de la mazorca sin amero (Pm), número de granos por mazorca (NGm), diámetro del grano (Dg) y longitud de la mazorca (Lm), se seleccionaron aleatoriamente 10 frutos por parcela. Los datos recolectados se presentan en la Tabla IV. b. El resultado demostró la influencia positiva de los BIOLES en términos de rendimiento

productivo, alcanzando el valor máximo en todas las variables el T2, enseguida del T1 y finalizando con T0. La variable con comprobación de hipótesis nula según el análisis ANOVA corresponde a la variable Dg ($\alpha < 0,10$).

Tras la aplicación de la prueba Tukey ($\alpha \leq 0,05$) (Tabla V), se evidencia que T0 presentó en comparación con T1 y T2 mayor diferencia, principalmente con T2, con el cual presentó

diferencia en las tres variables expuestas. Adicionalmente, se evidencio que T1 y T2 no presentan diferencias de medias estadísticamente significativas; es decir, sus resultados son similares para variables de rendimiento productivo.

TABLA V. DIFERENCIA DE MEDIAS. PRUEBA TUKEY ($\alpha \leq 0,05$).

Variable dependiente	Combinación de grupos		Diferencia de medias. Prueba Tukey ($\alpha \leq 0,05$)	Sig.
Pm (Kg)	Parcela Testigo (T0)	(T1)	-0,44	0,0680
		(T2)	-0,089*	0,0002
	Tratamiento 1 (T1)	(T0)	0,044	0,0680
		(T2)	-0,045	0,0609
	Tratamiento 2 (T2)	(T0)	0,089*	0,0002
		(T1)	0,045	0,0609
NGm	Parcela Testigo (T0)	(T1)	-67,7*	0,0014
		(T2)	-77,3*	0,0003
	Tratamiento 1 (T1)	(T0)	67,7*	0,0014
		(T2)	-9,6	0,8422
	Tratamiento 2 (T2)	(T0)	77,3*	0,0003
		(T1)	9,6	0,8422
Lm (m)	Parcela Testigo (T0)	(T1)	-0,0236	0,2223
		(T2)	-0,0354*	0,0424
	Tratamiento 1 (T1)	(T0)	0,0236	0,2223
		(T2)	-0,0118	0,6747
	Tratamiento 2 (T2)	(T0)	0,0354*	0,0424
		(T1)	0,0118	0,6747

* La diferencia de medias es significativa.

Por último, se presenta la Fig. 2. sobre la cual se puede evidenciar visualmente las diferencias en la calidad física del fruto. No obstante, tales diferencias pueden o no ir directamente relacionadas con los tratamientos utilizados; por consiguiente, se recomienda en estudios similares realizar un análisis de condiciones ambientales, polinización y otros parámetros que incidan en el proceso de fecundación, principalmente cuando el área de siembra no está en sistemas de ambiente controlado.

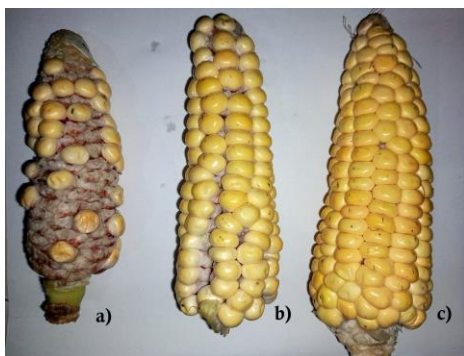


Fig. 2. Comparación cualitativa de variables de rendimiento productivo. a). Mazorca de T0. b). Mazorca de T1. c). Mazorca de T2.

IV. CONCLUSIONES

El BIOL con mayor influencia positiva en el rendimiento productivo del cultivo de maíz (*Zea mays* L) fue el elaborado principalmente con excretas de llamas y aplicado en el grupo de estudio T2 bajo aplicación foliar y concentración del 25 %. De igual forma, este BIOL corresponde al tratamiento de mayor carga nutrimental en macronutrientes como sodio (Na) y potasio (K), y cumplimiento con los valores máximos permisibles según la NTC 5167 del 2011 en parámetros microbiológicos como *Salmonella sp* y coliformes totales [10],

lo que garantiza su aplicación sin riesgo a la salud humana. Lo anterior resalta el potencial de este tipo de abonos orgánicos líquidos como insumo de base agroecológica para mejorar el rendimiento productivo de cultivos sin comprometer la seguridad sanitaria.

La elaboración y aplicación de BIOLES en granjas turísticas fomenta y articula los principios de la economía circular con la seguridad alimentaria, al ser estrategia que busca reducir el impacto ambiental al tiempo que utiliza los residuos como fuentes de ingreso; en este caso las excretas de animales para el mejoramiento de cultivos. Así mismo, se considera viable técnica y económicamente debido a accesibilidad de insumos que se requieren y tiempo de elaboración de los BIOLES, aun en zonas con temperaturas bajas (11°C – 12°C), tal como se evidencio en este estudio.

La fabricación y uso de abonos orgánicos líquidos (BIOLES) en la agricultura, especialmente bajo principios de la agroecología, es una estrategia clave que mejora la seguridad alimentaria en pequeñas escalas de organización campesina y/o familiar, generando continuidad a procesos dinámicos de soberanía alimentaria por la transición a la no dependencia de insumos químicos para el aumento del rendimiento productivo de los cultivos, a la vez que contribuye a la mitigación del cambio climático, lo que genera sistemas agrícolas sostenibles.

AGRADECIMIENTOS

Los autores extienden un agradecimiento al Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental, Biodiversidad y Agroecología (GISABA) y al equipo de laboratoristas del programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, por su apoyo en actividades de muestreo y ensayos de laboratorio.

REFERENCIAS

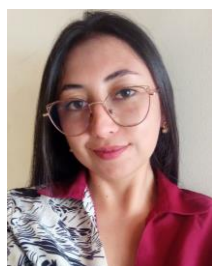
- [1] Bernal, J. L. C., Cuenca, L. A. B., & Ortega, Y. B. S., "Producción ganadera: la deforestación y degradación del suelo, una estrategia para el desarrollo sostenible". Revista Científica Agroecosistemas [en línea], 8(1), pp. 77-82, 2020. Disponible en: <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/389/368>
- [2] Sarandón, S. J., & Flores, C. C. "Agroecología". Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP), pp. 467, 2014.
- [3] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. "Los 10 elementos de la agroecología; Guía para la transición hacia sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles" [en línea]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i9037es/i9037es.pdf>
- [4] Umaña, W. P. "Los significados de la revolución. Semántica, temporalidad y narrativa de la Revolución Verde. Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña (HALAC)". Revista de la Solcha [en línea], 3(2), pp. 490-521. 2014. Disponible en: <https://www.halacsolcha.org/index.php/halac/article/view/140>
- [5] Figueroa, E., & Aguilar, A. "Maíz para Colombia Visión 2030". Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2019. <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/20218>
- [6] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). "Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológico". [Base de datos]. Disponible en: <http://dhime.ideam.gov.co>
- [7] Rojas Reina, C. J., Mosquera Beltrán, Y. N., Acosta Dueñas, L. J., Carrillo Malpica, M. F., Parra Ortiz, M. A. & Lara Murcia, L. A., "Estudio integral de un biodigestor desde el punto de vista microbiológico y uso del biol como bioabono en Los Llanos Orientales de Colombia". RedBioLAC, 4, pp. 107-112. 2020
- [8] Antoni, H. & Garcia, S. "Uso de cáscara de huevo molida como material encalante en un suelo ácido del Perú" *Idesia (Arica)* [37(3), pp. 115-120, 2019.

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292019000300115

- [9] Arce, F., Plasencia, S., Vásquez, Z., Fernández, L. y Arce, W. “Elaboración de abono orgánico (biol) para su utilización en la producción de alfalfa (*Medicago Sativa* V. Vicus) en Cajamarca” *Revista Perspectiva*. 20(1), pp. 441-447, 2020. Doi: 10.33198/tp.v20i2.00057
- [10] ICONTEC. Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo (NTC 5167, Segunda Edición). Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 2011
- [11] Chiguachi, A., García, M. “Diagnóstico de maíces criollos de Colombia” Campaña por la Defensa de la Biodiversidad y la Soberanía Alimentaria – Conservación y uso sostenible de la biodiversidad. 2013. [en línea]. Disponible en: <https://www.swissaid.org.co/cartilla-diagnostico-de-maices-criollos-de-colombia/>
- [12] Bautista, A., Pedraza-Jiménez, Y., Díaz-Márquez, F. “Reconocimiento de los saberes campesinos a través del mapeo comunitario participativo. Paipa-Colombia” *Cuadernos Geográficos*, 60(2), pp. 297-313, 2021. Doi: 10.30827/cuadgeo.v60i2.9647
- [13] Fiel, N. M., Rodríguez, V. N., Macías, A. F., Navarro, S. R., & Florido, J. E. “Bioplaguicidas fúngicos y botánicos en el manejo sustentable de plagas en la agricultura moderna” *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* [en línea], 20(39), pp. 91-109, 2020. Disponible en: <https://sociedadesruralesojs.xoc.uam.mx/index.php/srpma/article/view/436/410>
- [14] Helvetas Perú. “Preparación y uso del Biol (quechua - español) / Proyecto GIRA” [Archivo de video] (25 de julio de 2017). Disponible en: <https://youtu.be/L6cj4o0sJ64>
- [15] Calderon, S. T., Fernández, J. H., Pezo, D. L., & Calderon, R. C. “Asociación de cultivos, maíz y leguminosas para la conservación de la fertilidad del suelo” *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 4(1), pp. 15-22, 2018. Doi: 10.17162/rictd.v4i1.1068
- [16] Chura, J., Mendoza-Cortez, J. W., & de la Cruz, J. C. “Dosis y fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra del maíz amarillo duro” *Scientia agropecuaria*, 10(2), pp. 241-248, 2019. Doi: 10.17268/sci.agropecu.2019.02.09
- [17] Ogunlade, M. O., Bello, O. S., Agbeniyi, S. O., y Adeniyi, D. O. “Microbiota Assay of Cocoa Pod Husk – Based Compost as Organic Fertilizer” *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(06), pp. 3182-3192, 2019. Doi: 10.20546/ijcmas.2019.806.380
- [18] Luje, J. “Elaboración de Bioles producidos a partir de desechos del camal municipal de Cayambe (Sangre y Rumen)” Universidad Central del Ecuador, 2018. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/a8f2335d-d1a4-4577-9c13-b67c5a0c8037>
- [19] Tapia, M. E. y A.M. Fries. “Guía de campo de los cultivos andinos” FAO y ANPE. Lima, 2007. <https://www.fao.org/3/ai185s/ai185s.pdf>



Dalia Soraya Useche. Ingeniera agrónoma de la UPTC, Tunja (1999), Especialista en Ingeniería Ambiental (2018), magíster en Ingeniería Ambiental (2012) y doctora en Agroecología de la Universidad de Antioquia (2018) con tesis *cum laude*. Investigadora Junior Minciencias y directora del Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental, Biodiversidad y Agroecología (GISABA). Áreas de investigación: agroecología y gobernanza, restauración ecológica, sistemas integrados de producción, impacto y gestión ambiental y minería sostenible. Docente e investigadora de la UPTC. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0594-023X>.



Yina Nathalia Carrero Piragauta. Ingeniera ambiental egresada de Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) (Tunja, 2021), estudiante de la Maestría en Geografía de la UPTC, en convenio con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Investigadora del Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental, Biodiversidad y Agroecología (GISABA-UPTC). Joven Investigadora UPTC 2022 con el proyecto “Producción de BIOL a partir de excretas de camélidos domésticos y equinos y su efectividad en el cultivo de Maíz (Granja VADAMA, Chivatá, Boyacá)” el cual obtuvo un reconocimiento del Ministerio de Agricultura y Congreso de la República en la categoría de “Mejor producción agropecuaria sostenible”. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1228-7347>