



Efecto biológico del lactofermento de hojarasca forestal en *Crotalaria juncea* L.

Biological Effect of Forest Litter Lactoferment on *Crotalaria juncea* L.

Yania Susnay Oropesa Scull <https://orcid.org/0009-0001-4498-8992> | yaniasusnayoropesascull@gmail.com

Aramis Soto Diaz <https://orcid.org/0000-0001-5850-0639> | aramo8009@gmail.com

Leyma Rodríguez Navarro <https://orcid.org/0009-0003-0557-8127> | leymarnocuba@gmail.com

Gertrudis Penton Fernandez* <https://orcid.org/0000-0002-4253-9317>

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba.

*Autor de correspondencia: gertrudis@ihatuey.cu

Recibido: 12 de junio de 2025

Aceptado: 06 de octubre de 2025

Publicado: 08 de diciembre de 2025

Resumen

Objetivo. Evaluar el efecto de la aplicación de disoluciones de lactofermento de hojarasca forestal MAB (compuesto por microorganismos autóctonos benéficos y sus metabolitos) sobre la fisiología y la producción de biomasa de *Crotalaria juncea* L., empleada como planta indicadora. **Materiales y métodos.** El experimento se realizó durante 60 días, en vivero, en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, en Matanzas (Cuba), sobre un sustrato compuesto por suelo ferralítico rojo y compost enriquecido con el producto comercial IHPLUS® BF (basado en la activación de MAB). Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 30 repeticiones por tratamiento. Se aplicaron tres concentraciones de MAB (0.1, 0.2 y 0.5 %) y un tratamiento control. Se

Abstract

Objective. To evaluate the biological effect of application of solutions of forest litter lactofermentation, a microbial bio-stimulant consisting of beneficial native microorganisms (MAB), on the physiology and biomass production of *Crotalaria juncea* L., used as an indicator plant. **Materials and methods.** The experiment was conducted over 60 days in a nursery at the Experimental Station of Pastures and Forages Indio Hatuey in Matanzas, Cuba, using a substrate composed of red ferralitic soil and compost enriched with the commercial product IHPLUS® BF. A completely randomized design was employed with 30 repetitions per treatment. Three concentrations of MAB (0.1, 0.2, and 0.5 %) and a control treatment were applied. Morphological variables: emergence (%),

evaluaron las variables morfológicas: emergencia (%), altura (cm), hojas (número), grosor del tallo (mm) y biomasa aérea (g) y fisiológicas: clorofila ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), flavonoles (absorbancia relativa), antocianinas (índice Dualox Scientific+) y el índice de balance de nitrógeno [NBI®]) y las propiedades fisicoquímicas del sustrato. **Resultados.** La concentración de 0.2 % de MAB promovió significativamente el crecimiento y el metabolismo secundario (flavonoles y antocianina) sin variaciones en el metabolismo primario (clorofila) y la producción de biomasa aérea. En la mayoría de las variables evaluadas esta concentración mostró diferencias significativas tanto con respecto al tratamiento control como con respecto a la concentración de 0.5 %. Las aplicaciones de MAB mejoraron el pH y el potencial redox del sustrato. **Conclusiones.** El lactofermento de hojarasca forestal es un bioestimulante prometedor para *C. juncea* L., con una concentración óptima de 0.2 %.

Palabras clave

Bioestimulantes, metabolismo, biomasa, concentraciones, microorganismos.

height (cm), leaves (number), stem thickness (mm), and aerial biomass (g) and, physiological variables: chlorophyll ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), flavonols (relative absorbance), anthocyanins (Dualox Scientific+ index), and nitrogen balance index [NBI®]), and physicochemical properties of the substrate were evaluated. **Results.** The 0.2 % concentration of MAB significantly promoted growth and secondary metabolism (flavonoids and anthocyanins) without affecting primary metabolism (chlorophyll) and aerial biomass production. In most of the evaluated variables, this concentration showed significant differences compared to both the control treatment and the 0.5 % concentration. MAB applications improved the pH and redox potential of the substrate, favoring more aerobic conditions. **Conclusions.** Forest litter lactofermentation is a promising bio-stimulant for *C. juncea* L., with an optimal concentration of 0.2 %.

Keywords

Biostimulants, metabolism, biomass, concentrations, microorganisms.

Introducción

La especie *Crotalaria juncea* L., también conocida como cáñamo de sol, es una leguminosa de rápido crecimiento que se valora como cultivo de cobertura y abono verde. Su elevada capacidad para responder a factores ambientales es ideal para evaluar insumos agrícolas, mejorar la salud del suelo, el ciclo de nutrientes y el control de malezas y plagas, lo que la destaca en sistemas de cultivo sostenibles (Coutinho *et al.*, 2024; Meagher *et al.*, 2019). Estas características la hacen promisoría, como planta indicadora del efecto biológico de abonos y bioestimulantes.

En la agricultura moderna, los bioestimulantes se consolidan como productos biológicos que mejoran la productividad de las plantas y el uso racional de los recursos ambientales. A diferencia de los fertilizantes tradicionales, los bioestimulantes favorecen los procesos fisiológicos naturales, optimizando el crecimiento y la capacidad de adaptación de las plantas a condiciones adversas (Yakhin *et al.*, 2017). Los lactofermentos de hojarasca forestal, que son un tipo de bioestimulante con una base de microorganismos autóctonos benéficos (MAB), se obtienen de la fermentación de hojarasca con presencia de bacterias del ácido láctico (LAB) como protagonistas, bacterias fototrópicas, levaduras y actinomicetes (Garg *et al.*, 2024)2024. Su uso promueve prácticas agrícolas sostenibles,

mejora la eficiencia del uso de nutrientes, tolerancia al estrés y reduce la dependencia de insumos sintéticos (Rivera *et al.*, 2023).

Los MAB son evaluados en diversas especies vegetales de interés agronómico. Así como su aplicación en cultivos como *Cucumis sativus* (pepino), *Solanum lycopersicum* (tomate), *Zea mays* (maíz) y *Sorghum bicolor*, entre otros. Los efectos positivos observados son variados y abarcan desde un aumento en la germinación y un mejor desarrollo vegetativo, hasta una mayor producción agrícola. Adicionalmente, su aplicación está asociada con la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, así como con la reducción de la incidencia de plagas y enfermedades (Díaz-Solares *et al.*, 2020).

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto biológico de la aplicación foliar de disoluciones de MAB sobre el crecimiento y la fisiología de *Crotalaria juncea* L.

Materiales y métodos

El experimento se realizó durante de 60 días a partir del momento de la siembra, en un vivero a pleno sol ubicado en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH) (22°48'07" latitud N, 79°32'02" longitud O; 19 msnm), Perico, Matanzas, Cuba.

Se sembraron dos semillas de *C. juncea* L. por bolsa de polietileno, con capacidad de 2 kg de sustrato, compuesto por suelo del tipo ferralítico rojo lixiviado (Hernández-Jiménez *et al.*, 2019) y compost. Los materiales se tamizaron a 5 mm y se mezclaron homogéneamente en proporción 1:1 (v/v, tierra:compost).

El lactofermento de hojarasca forestal (MAB) se aplicó en tres concentraciones (0.1, 0.2, 0.5 %) y se comparó con un testigo sin aplicación. La dosis de aplicación utilizada fue de 250 ml por bolsa, con una frecuencia semanal, iniciando a los siete días después de la siembra y continuando durante los 60 días del ensayo.

El compost fue elaborado en la EEPFIH, a partir de estiércol vacuno (60 %) y con vegetación espontánea/restos de jardinería (40 %), enriquecido con IHPLUS® BF (5 L/t con una frecuencia quincenal) durante 60 días (Pentón, 2019).

Características químicas y microbiológicas del MAB: fue producida en la planta de microorganismos eficientes de la EEPFIH mediante fermentación anaeróbica estandarizada de hojarasca molida, polvo de arroz, melaza y leche. Presentó pH 3.3; conductividad eléctrica 7 809.85 $\mu\text{S}/\text{cm}$; ácido acético, ácido láctico y etanol superiores a 10, 50 y 40 mM, respectivamente. La cromatografía iónica (Metrohm 930 Compact IC Flex) mostró niveles elevados de amonio, potasio, calcio y magnesio (cuadro 1). La calidad microbiológica cumplió: bacterias aerobias $>10^3$ UFC/mL bacterias anaerobias $>10^3$ UFC/mL, hongos y levaduras $>10^3$ UFC/mL, lactobacilos $>10^4$ UFC/mL y ausencia de patógenos en los ensayos de rutina del laboratorio de microbiología de la EEPFIH.

Se evaluaron variables morfológicas y fisiológicas. La emergencia de las plántulas se monitoreó diariamente y se registró la emergencia final al séptimo día. El número de hojas se obtuvo por conteo visual a los 10 y 25 días, mientras que la altura apical se midió con una regla milimetrada a los 10, 25 y 60 días. El grosor del tallo se determinó con vernier digital a los 45 y 60 días. Al final del experimento (60 días), se midió la biomasa aérea

fresca con una balanza KERN CXB 15K1 y la biomasa seca tras 24 horas de secado a 105 °C en una estufa Fisherbrand de convección por gravedad Thermo scientific. A los 30 días, se determinaron las variables del metabolismo primario y secundario con el sensor Dualex, que permite estimar por fluorescencia inducida por láser, el contenido de clorofila ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), flavonoles (absorbancia relativa), antocianinas (índice Dualex Scientific+) y el índice de balance de nitrógeno (NBI®) (Cerovic *et al.*, 2012).

Cuadro 1
Composición de iones en el lactofermento de hojarasca forestal

Aniones (mg/L)	Cationes (mg/L)
Fluoruro: 4 137.88	Sodio: 146.21
Cloruro: 1150.46	Amonio: 49.24
Nitrito: 1.18	Potasio: 2 321.48
Nitrato: 0.00	Calcio: 1 178.88
Fosfato: 337.41	Magnesio: 522.48
Sulfato: 13.65	

La caracterización fisicoquímica del sustrato, al final del experimento (60 días), incluyó pH y potencial redox (mV), utilizando los equipos HANNA HI 9813-5 y LUTRON YK-23RP.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, con 30 repeticiones por tratamiento. La normalidad y homogeneidad de varianzas se verificaron con las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Se realizó ANOVA y comparación de medias por la prueba de Tukey ($P \leq 0.01$), utilizando el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

Resultados

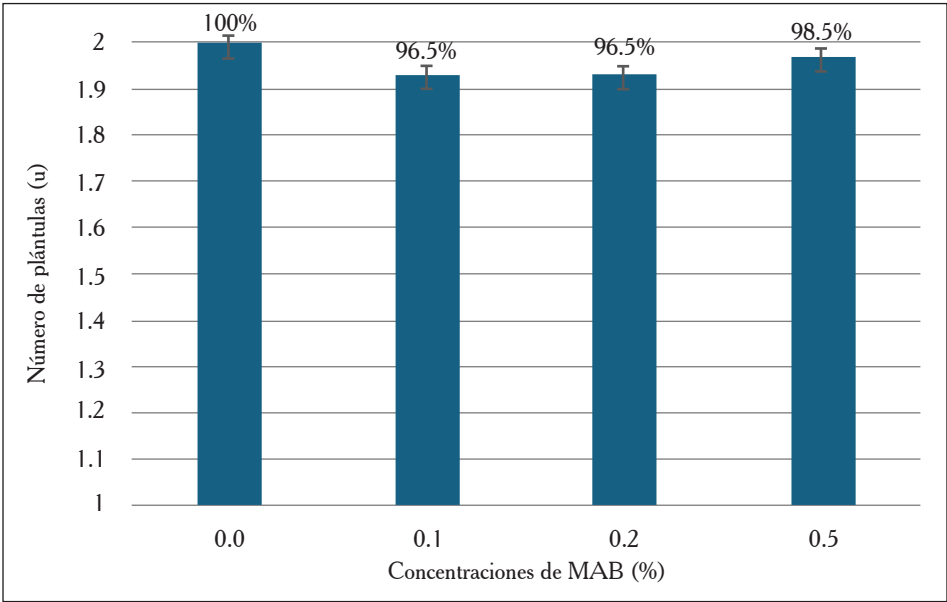
Emergencia y crecimiento de las plantas

Se observó una elevada emergencia en todos los tratamientos, superior a 95 %. En el testigo alcanzó 100 % de emergencia, sin diferencias notables respecto a los tratamientos probados (figura 1).

En la altura de las plantas, el número de hojas emitidas y grosor de tallo (cuadro 1) se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos a través del tiempo de evaluación.

La disolución de MAB al 0.2 % mostró la mejor respuesta en la altura apical en todos los momentos evaluados; sin embargo, a los 10 días, las disoluciones 0.2 y 0.5 % no mostraron diferencias significativas entre ellas, pero ambas difieren a las disoluciones 0.0 y 0.1 %. A los 25 días la dosis 0.2 % mostró la mejor respuesta y a los 60 días la de 0.1 % fue comparable con la de 0.2 % y difirió del tratamiento de 0.0 y 0.5 %.

Figura 1
Emergencia (%) de *Crotalaria juncea*



Cuadro 1
Indicadores morfológicos de *Crotalaria juncea*

Altura apical (cm)	Momentos de evaluación (días)		
	10	25	60
0.0	7.89b	27.70c	83.07c
0.1	8.47b	32.02b	90.83ab
0.2	10.12a	35.20a	94.63a
0.5	9.94a	31.80b	85.02bc
EE	0.13	0.37	1.28
P	0.0001	0.0001	0.0077
hojas emitidas (u)	10	25	
0.0	4.00a	12.45b	
0.1	3.98a	12.98ab	
0.2	4.00a	14.00a	
0.5	4.00a	13.29ab	
P	0.5212	0.0112	
EE	0.01	0.15	

Grosor de la base del tallo (cm)		45	60
0.0		3.31b	3.81c
0.1		3.62ab	3.96ab
0.2		3.97a	4.18a
0.5		3.96a	4.14bc
EE		0.05	0.05
P		0.0001	0.0774

En relación con la emisión de hojas, se demostró que para los 10 días no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, pero a los 25 días el MAB al 0.2 % fue el que más promovió la emisión de hojas y comparten significancia estadística con las disoluciones de 0.1 y 0.5 %.

En cuanto al grosor del tallo, la disolución de MAB al 0.2 % mostró los valores superiores de grosor del tallo en comparación con el tratamiento control a los 45 días, y difirió también de la concentración de 0.5 % y del control a los 60 días.

Metabolismo de las plantas

Respecto a los indicadores del metabolismo de las plantas, evaluados a 30 días después de la siembra (cuadro 2), las disoluciones de MAB al 0.1 y 0.2 % no mostraron una afectación significativa en comparación con el tratamiento de control en cuanto al contenido de clorofila, indicador del metabolismo primario; sin embargo, la disolución de MAB al 0.5 % presentó una disminución significativa del contenido de clorofila respecto al resto de los tratamientos.

Cuadro 2
Indicadores del metabolismo de *Crotalaria juncea* a 30 días de la siembra

	Clorofila	Flavonoles	Antocianina	NBI®
0.0	21.53 a	1.23	0.22 c	17.59 a
0.1	19.64 a	1.33	0.23 b	14.91 b
0.2	19.8 a	1.34	0.24 ab	15.03 b
0.5	17.29 b	1.34	0.25 a	13.02 c
EE	0.22	0.01	0.0014	0.18
P	0.0001	0.1102	0.0001	0.0001

NBI= índice de balance de nitrógeno.

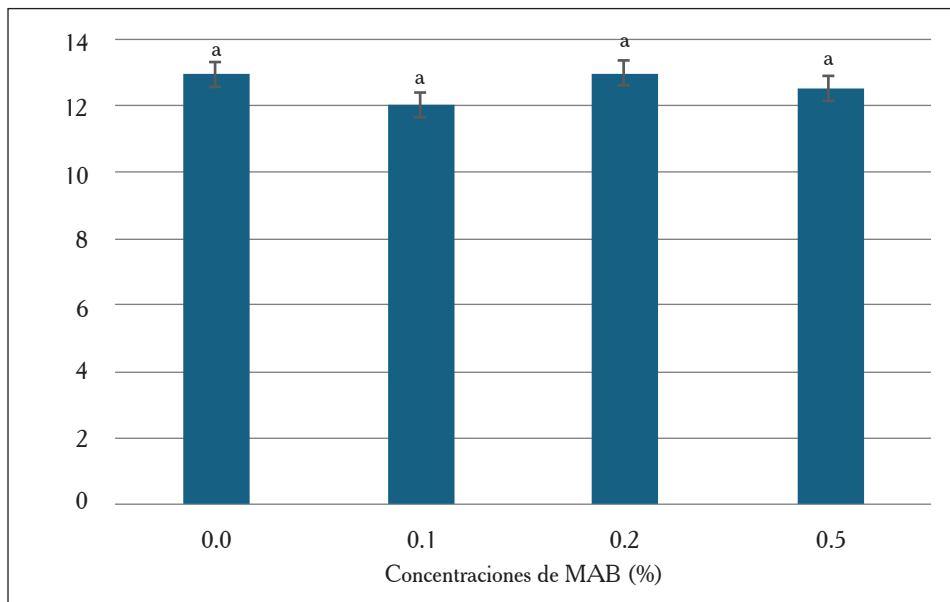
El análisis estadístico no reveló diferencias significativas en el contenido de flavonoles entre los tratamientos. Mientras que el contenido de antocianinas alcanzó valores significativamente mayores en la disolución de MAB al 0.5 %, seguida de la disolución 0.2 % superior al tratamiento control.

El índice de balance de nitrógeno (NBI®), también relacionado con el metabolismo primario, mostró una disminución en los tratamientos que recibieron MAB en comparación con el control, siendo esta reducción más pronunciada en la disolución al 0.5 %.

Efectos en la acumulación de biomasa

Con relación a la biomasa aérea (figuras 2 y 3), no se observaron diferencias significativas en la biomasa fresca entre los tratamientos, incluyendo el control. En cuanto a la biomasa seca, sí se detectaron diferencias significativas, siendo mayor en la concentración de 0.2 %, en comparación con el tratamiento testigo y el nivel de 0.5 %. No se evidenciaron diferencias significativas entre las concentraciones de 0.2 y 0.1 %.

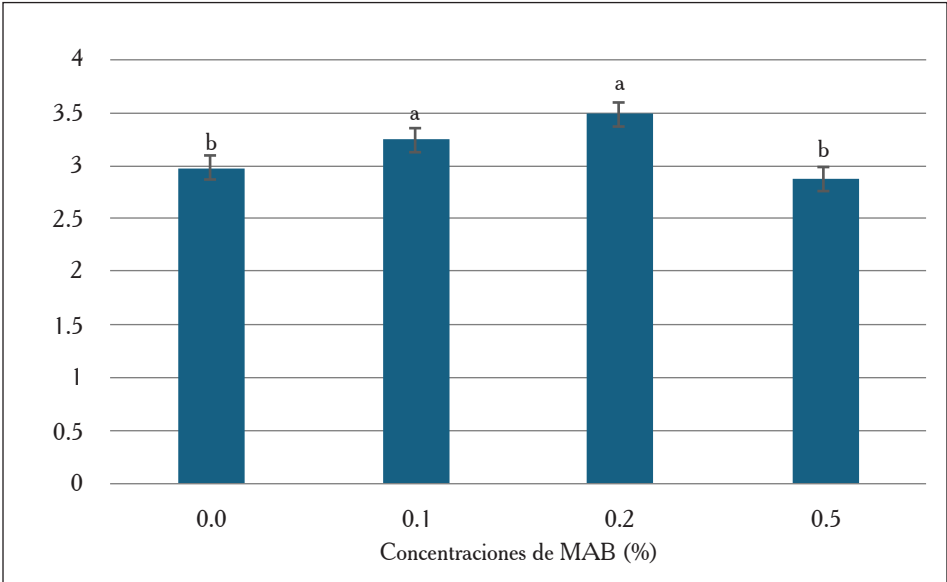
Figura 2
Biomasa aérea fresca (g) de *Crotalaria juncea*



Propiedades fisicoquímicas del sustrato

El cuadro 3 resume las características fisicoquímicas del sustrato a los 60 días de la aplicación de MAB. Se observó que la conductividad eléctrica y el contenido de sales disminuyeron en los tratamientos que recibieron MAB en comparación con el testigo, el cual presentó los valores más altos. Sin embargo, entre las disoluciones de MAB (0.1, 0.2 y 0.5 %), la conductividad eléctrica fue estadísticamente similar, a pesar de las variaciones numéricas observadas. Además, el testigo presentó un pH más básico y un menor potencial redox en comparación con todos los tratamientos.

Figura 3
Biomasa aérea seca (g) de *Crotalaria juncea*



Cuadro 3
Características fisicoquímicas del sustrato a los 60 días de aplicación de MAB (%)

Tratamiento (%)	pH	Eh (pH 7) (mV)
0.0	7.88a	615.15b
0.1	7.63b	663.28a
0.2	7.63b	666.56a
0.5	7.47b	685.32a
EE	0.03	5.37
P	0.0074	0.0027

Discusión

Emergencia y crecimiento de las plantas

La elevada emergencia de las plantas en todos los tratamientos superiores a 95 %, indica que fueron adecuados y corroboran los resultados de Pérez *et al.* (2023) con valores de emergencia superiores a 90% en cultivo de cepellones sobre suelo ferralítico rojo y enriquecido con abono orgánico; también los estudios realizados por De la Rosa (2021) indicaron que la aplicación de fertilización orgánica favorece la emergencia de leguminosas de la familia Fabácea.

El crecimiento de las plantas sugiere que la concentración de 0.2 % resultó ser la más efectiva, mientras que la de 0.5 % mostró un rendimiento disminuido, en ocasiones similar al del control o incluso inferior al del tratamiento con 0.1 %. Esta respuesta, que se evidenció en las variables morfológicas y fisiológicas (altura, número de hojas, grosor del tallo, contenido de clorofila y NBI), indica la disminución del efecto del bioestimulante al aumentar la concentración a 0.5 %. Esto sugiere que los compuestos beneficiosos o las actividades microbianas presentes en el MAB alcanzan un punto de saturación o incluso inducen efectos indeseables a dosis altas, posiblemente debido a un desequilibrio de reguladores de crecimiento o a efectos osmóticos (Feitosa y Garófalo, 2019; Rodrigues *et al.*, 2020; Yakhin *et al.*, 2017).

El incremento en altura de la planta, el número de hojas y el diámetro del tallo concuerdan con la acción bioestimulante de los microorganismos beneficiosos, capaces de sintetizar fitohormonas (como auxinas y citoquininas). Estas fitohormonas, según la literatura, mejoran la absorción de nutrientes y optimizan la arquitectura radicular (Ute, 2019), lo cual es un mecanismo que pudo contribuir a los resultados morfológicos observados en nuestro estudio. El rendimiento superior del tratamiento con 0.2 %, sugiere que esta concentración estimuló procesos fisiológicos internos, lo que se tradujo en mejoras morfológicas visibles (Jaffar *et al.*, 2023).

La emisión de hojas y grosor del tallo reflejan la naturaleza compleja de los efectos de los bioestimulantes. Con respecto a resultados y dosis indican que la respuesta biológica no es directamente proporcional a la concentración, sino que implica la interacción de múltiples factores. Esto concuerda con la comprensión de que los bioestimulantes son mezclas complejas que pueden influir en diversas vías fisiológicas, algunas de las cuales pueden tener rangos óptimos que, al ser excedidos, conducen a rendimientos decrecientes (Yakhin *et al.*, 2017).

Metabolismo de la planta

En cuanto al efecto sobre la acumulación de biomasa, los resultados demostraron que la aplicación de MAB a 0.2 % fue la concentración óptima para la producción de biomasa, lo que respalda los hallazgos observados en los rasgos morfológicos. Dado que la biomasa seca representa la materia orgánica total acumulada, el aumento significativo observado en el tratamiento 0.2 % se traduce directamente en una mayor productividad de la planta. Este incremento en la productividad es un efecto conocido y documentado para los bioestimulantes, que mejoran el crecimiento y desarrollo vegetal (Garg *et al.*, 2024; Jaffar *et al.*, 2023; Kaur *et al.*, 2023).

Esta observación indica que la planta podría estar reasignando recursos del crecimiento primario hacia mecanismos de defensa o mitigación del estrés, lo que se manifiesta en mayor producción de antocianinas. Este patrón refuerza la idea de una concentración óptima, más allá de la cual los MAB podrían pasar de promover el crecimiento a inducir estrés. Al mismo tiempo, el aumento de las antocianinas en este tratamiento también podría indicar la capacidad del MAB para modular los mecanismos de defensa de la planta. Los bioestimulantes son conocidos por mejorar la tolerancia al estrés abiótico (Garg *et al.*, 2024)2024.

Si bien la concentración de 0.5 % podría ser supraóptima para el crecimiento, es posible que esté desencadenando una respuesta fisiológica protectora en *C. juncea*. Este doble efecto, que incluye la promoción del crecimiento a dosis más bajas y la respuesta al estrés a dosis más altas, es un aspecto complejo de la acción de los bioestimulantes. Los mecanismos exactos de acción no siempre se comprenden completamente y las respuestas pueden variar según el sistema de cultivo y las condiciones específicas (Ute, 2019).

Estos resultados respaldan el potencial de los MAB como una alternativa bioestimulante prometedor y sostenible para la agricultura, contribuyendo a la productividad y la adaptación de las plantas.

Efectos en la acumulación de biomasa

Los resultados demostraron que la aplicación de MAB a 0.2 % fue la concentración óptima para la producción de biomasa, lo que respalda los hallazgos observados en los rasgos morfológicos. Estos resultados concuerdan con las conclusiones generales del estudio, de que las aplicaciones foliares de MAB promovieron significativamente el crecimiento y la productividad de la *C. juncea* L. Dado que la biomasa seca representa la materia orgánica total acumulada, el aumento observado en los tratamientos 0.1 y 0.2 % se traduce directamente en mayor productividad de la planta. Este incremento en la productividad es un efecto conocido y documentado para los bioestimulantes, que mejoran el crecimiento y desarrollo vegetal (Garg *et al.*, 2024; Jaffar *et al.*, 2023; Yakhin *et al.*, 2017).

El incremento de la biomasa seca refleja mayor eficiencia en la asimilación de carbono a través de la fotosíntesis, así como una absorción y utilización de nutrientes más efectiva por parte de la planta (Brouder y Volenec, 2008; Gao *et al.*, 2021). Ello indica que la inoculación con microorganismos beneficiosos, mediante la aplicación del lactofermento de hojarasca forestal, potencia estos procesos fundamentales. Esta acción favorece la captación y el aprovechamiento de los nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal (Lanna *et al.*, 2021).

Propiedades fisicoquímicas del sustrato

El aumento del potencial redox en todos los tratamientos con microorganismos indica condiciones aeróbicas (oxidantes) en el sustrato. Las bacterias del ácido láctico (LAB), presentes en este tipo de bioproducto (MAB), pueden influir en el redox del suelo a través de sus subproductos metabólicos como los ácidos orgánicos (Díaz-Solares *et al.*, 2020). Esto sugiere que el MAB promueve una comunidad microbiana más saludable y activa y una mejor aireación del suelo, lo que beneficia directamente la respiración radicular y el ciclo de nutrientes (Sanjuán y Moreno, 2010).

Los efectos positivos observados en el pH y el potencial redox del sustrato coincidieron con el aumento del crecimiento y la biomasa observados en los tratamientos con 0.1 y 0.2 % de MAB. Esta concurrencia es coherente con la mejora de las condiciones del sustrato que, al promover una mejor aireación y la disponibilidad de nutrientes, optimiza la respiración radicular y la absorción de los mismos, procesos esenciales para el desarrollo y la productividad de la planta (Sanjuán y Moreno, 2010). Una mayor aireación (mayor

Eh) fomenta la salud de las raíces y la actividad microbiana beneficiosa. El hecho de que 0.5 % mejorara los parámetros evaluados en el suelo, pero no el crecimiento de la planta, llama la atención sobre la complejidad de esta interacción y sugiere que, si bien las condiciones del sustrato mejoraron, otros factores podrían haberse vuelto limitantes, como la conductividad eléctrica, que no se consideró en el presente estudio.

Conclusiones

La aplicación foliar de lactofermento de hojarasca forestal promovió significativamente el crecimiento de *Crotalaria juncea* L., evidenciado por mejoras en la altura, el número de hojas y el grosor del tallo. La concentración de 0.2 % de MAB resultó ser la óptima para estos efectos, estimulando el metabolismo secundario de la planta sin comprometer el metabolismo primario.

Literatura citada

- Brouder, S. M. y Volenec, J. J. (2008). Impact of climate change on crop nutrient and water use efficiencies. *Physiologia plantarum*. 133(4): 705-724. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01136.x>
- Cerovic, Z. G.; Masdoumier, G.; Ghazlen, N. B. y Latouche, G. (2012). A new optical leaf-clip meter for simultaneous non-destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids. *Physiologia plantarum*. 146(3): 251-260. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1399-3054.2012.01639.x>
- Coutinho, V. V.; Vigolo, N.; da Cruz, C. C. B.; de Souza, J. V. V.; Zanin, C. E. C. T.; Ruppim, S. M. C. y Lopes, F. V. (2024). Uso de *Crotalaria juncea* em áreas cultivadas com cana de açúcar. *RECIMA21*. 5(5): e555181-e555181. <https://doi.org/10.47820/recima21.v5i5.5181>
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, Mónica G.; Gonzalez, Laura. A.; Tablada, M. y Robledo, C. W. (2008). InfoStat, versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- Díaz-Solares, M.; Martín-Martín, G.; Miranda-Tortoló, T.; Fonte, L.; Lamela-López, L.; Montejo-Sierra, I.; Contino Esquijerosa, Y.; Ojeda-García, F.; Medina-Salas, R.; Ramírez Suárez, W.; Lezcano-Fleires, J.; Pentón Fernández, G.; Peter-Schmith, H.; Alonso-Amaro, O.; Catalá-Barranco, R. y Milera-Rodríguez, M. (2020). Biocarbono Cuba. Obtención y utilización de microorganismos nativos: el bioproducto IHPLUS®. Conferencia Científica. Matanzas, Cuba. https://www.researchgate.net/publication/339916260_Obtencion_y_utilizacion_de_microorganismos_nativos_el_bioproducto_IHPLUS_R
- Feitosa, A. C. y Garófalo, L. H. (2019). Biostimulants and their role in improving plant growth under abiotic stresses. En: S. M. Mirmajlessi, y R. Radhakrishnan (editores), *Biostimulants in Plant Science*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.88829>
- Garg, S.; Nain, P.; Kumar, A.; Joshi, S.; Punetha, H.; Sharma, P. K.; Siddiqui, S.; Alshaharni, M. O.; Algotpishi, U. B. y Mittal, A. (2024). Next generation plant biostimulants & genome sequencing strategies for sustainable agriculture development. *Frontiers in Microbiology*. 15: 1439561. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1439561>
- Gao, F.; Zhang, H.; Chu, C.; Liu, C.; Wang, N.; Zhang, W. y Zhang, S. (2021). Engineering of the cytosolic form of phosphoglucose isomerase into chloroplasts improves plant photosynthesis and biomass. *New Phytologist*. 231(1): 315-325. <https://doi.org/10.1111/nph.17368>
- Hernández-Jiménez, A.; Pérez-Jiménez, J. M.; Bosch-Infante, D. y Castro Speck, N. (2019). La clasificación de suelos de cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*. 40(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362019000100015&script=sci_arttext

- Jaffar, N. S.; Jawan, R. y Chong, K. P. (2023). The potential of lactic acid bacteria in mediating the control of plant diseases and plant growth stimulation in crop production - a mini review. *Frontiers in Plant Science*. 13: 1047945. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1047945>
- Kaur, S.; Tiwari, V.; Kumari, A.; Chaudhary, E.; Sharma, A.; Ali, U. y Garg, M. (2023). Protective and defensive role of anthocyanins under plant abiotic and biotic stresses: an emerging application in sustainable agriculture. *Journal of Biotechnology*. 361: 12-29. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2022.11.009>
- Lanna, A. C.; Silva, M. A.; Moreira, A. S.; Nascente, A. S. y Fillipi, M. C. C. d. (2021). improved nutrient uptake in three *Crotalaria* species inoculated with multifunctional microorganisms. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 25(7). <https://www.scielo.br/rbeaa/a/ZN5Kz3svYLWD7DbtffH3yB8s/?lang=en>
- Meagher, R. L.; Hight, S. D.; Bowers, K.; Watrous, K. M.; Legaspi, J. C.; Miller, N.; Westbrook, J. K.; Brown, J. T.; Fleischer, S. J. y Nagoshi, R. N. (2019). Documenting potential sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) (Fabaceae) pollinators in Florida. *Environmental Entomology*. 48(2): 343-350. <https://academic.oup.com/ee/article-abstract/48/2/343/5312905>
- Pentón, G. (2019). Nuevos abonos organominerales para la fertilización y la restauración del suelo. Informe anual de proyecto. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, Cuba. 39 p.
- Pérez, M.; Norda, E.; Oropesa, Y. y Pentón, G. (2023). Bioabonos con biochar de morera (*Morus alba* L.) en la germinación y desarrollo inicial de *Crotalaria juncea* L. en cepellón. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 27: 51-64.
- Rivera, L.; Benavides, A.; Robledo, A. y González, S. (2023). La salud del suelo y el uso de bioestimulantes. *Agraria*, 20(3): 5-10. <https://doi.org/10.59741/agraria.v20i3.46>
- Rodrigues, M.; Baptistella, J. L. C.; Horz, D. C.; Bortolato, L. M. y Mazzafera, P. (2020). organic plant biostimulants and fruit quality—a review. *Agronomy*. 10(7): 988. <https://doi.org/10.3390/agronomy10070988>.
- Sanjuán P, J. y Moreno, N. (2010). Aplicación de insumos biológicos: una oportunidad para la agricultura sostenible y amigable con el medioambiente. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 12(1): 4-7. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752010000100001&nrm=iso.
- Ute, A. (2019). Plant biostimulants: definition and overview of categories and effects. *HS1330, One of a Series of the Horticultural Sciences Department, UF/IFAS Extension*, 4. <https://swfrec.ifas.ufl.edu/docs/pdf/plant-physiology/2019-05-Albrecht-EDIS-H1330.pdf>
- Yakhin, O. I.; Lubyantov, A. A.; Yakhin, I. A. y Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in Plant Science*. 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>.