



Respuesta del cultivo de camote (*Ipomoea batatas*) a la aplicación de bioinsumos edáficos

Response of the sweet potato crop (*Ipomoea batatas*) to the application of edaphic bioinputs

Autores

¹Jennifer Milena López Castro

✉ jennlopezcastro16@gmail.com

¹Zully Nathaly Soledispa Bernita

✉ zullysoledispa20@gmail.com

^{2*}Joffre Añazco Chávez

✉ joffre.anazco@iniap.gob.ec

²Favio Ruilova Narváez

✉ favio.ruilova@iniap.gob.ec

³Xavier Ortiz Dueñas

✉ fo.camote@gmail.com

²Jorge Tumbaco Vera

✉ jorge.tumbaco@iniap.gob.ec

⁴Gloria Cobeña Ruíz

✉ gloria.cobena.r@gmail.com

³Chang Hwan Park

✉ kopiaecuador@outlook.com

¹Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Manabí, Ecuador.

²Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Portoviejo, Manabí, Ecuador.

³KOPIA Ecuador Center.

⁴Observatorio ciudadano a la implementación de las políticas públicas sobre seguridad y soberanía alimentaria en la provincia de Manabí. Portoviejo, Manabí, Ecuador.

Citación sugerida: López Castro, J. M., Soledispa Bernita, Z. N., Añazco Chávez, J., Ruilova Narváez, F., Ortiz Dueñas, X., Tumbaco Vera, J., Cobeña Ruíz, G., Park Chang Hwan (2025). Respuesta del cultivo de camote (*Ipomoea batatas*) a la aplicación de bioinsumos edáficos. *La Técnica*, 15(1), 67-74. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v15i1.6908>.

Recibido: Diciembre 19, 2024

Aceptado: Abril 14, 2025

Publicado: Abril 20, 2025

Resumen

El presente estudio se centró en evaluar la respuesta agronómica y productiva del camote (*Ipomoea batatas*) variedad INIAP-Toquecita a la aplicación de diversos bioinsumos edáficos. El estudio tuvo lugar en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP, en Ecuador, durante el periodo de julio a diciembre de 2022. Se analizaron los efectos de varios bioinsumos, incluyendo diatomeas, microorganismos eficientes, biocarbón, humus de lombriz y materia orgánica, sobre diversos parámetros agronómicos. Los hallazgos revelaron efectos estadísticamente significativos de estos bioinsumos en variables como la tasa de enraizamiento de las guías, la cobertura del follaje, la biomasa de las guías, la proliferación de guías, el rendimiento de biomasa aérea, la producción de raíces tuberosas comerciales, el contenido de clorofila en las hojas y la concentración de nutrientes tanto en el suelo como en el tejido vegetal. El biochar demostró ser particularmente eficaz en la promoción del desarrollo vegetativo, incrementando la proliferación de guías por planta (9 vs. 6 guías·planta⁻¹ en otros tratamientos) y la producción de biomasa aérea (24,17 t·ha⁻¹). El vermicompost logró el mejor establecimiento inicial (100%) y el máximo rendimiento de raíces tuberosas comerciales (24,90 t·ha⁻¹). La adición de residuos vegetales generó la mayor concentración de clorofila foliar (rango 41,86-45,93). Al final del ciclo, todos los tratamientos lograron mantener un estado nutricional adecuado, con una notable absorción de fósforo y hierro. Los resultados sugieren que estos bioinsumos son una alternativa efectiva para sustituir la fertilización química convencional en el cultivo de camote, con beneficios particulares para cada uno, dependiendo del objetivo de producción.

Palabras clave: *Ipomoea batatas*, INIAP Toquecita, bioinsumos, fertilidad del suelo.

Abstract

This study focused on evaluating the agronomic and productive response of sweet potato (*Ipomoea batatas*) variety INIAP-Toquecita to the application of various soil bioinputs. The study took place at INIAP's Portoviejo Experimental Station in Ecuador, from July to December 2022. The effects of several bioinputs, including diatoms, efficient microorganisms, biochar, earthworm humus, and organic matter, on various agronomic parameters were analyzed. The findings revealed statistically significant effects of these bioinputs on variables such as rooting rate, foliage cover, root biomass, root proliferation, aboveground biomass yield, commercial tuberous root production, leaf chlorophyll content, and nutrient concentrations in both soil and plant tissue. Biochar proved particularly effective in promoting vegetative growth, increasing vine proliferation per plant (9 vs. 6 vines·plant⁻¹ in other treatments) and aboveground biomass production (24.17 t·ha⁻¹). Vermicompost achieved the best initial establishment (100%) and the highest yield of commercial tuberous roots (24.90 t·ha⁻¹). The addition of plant residues generated the highest concentration of foliar chlorophyll (range 41.86-45.93). At the end of the cycle, all treatments maintained adequate nutritional status, with significant absorption of phosphorus and iron. The results suggest that these bioinputs are an effective alternative to conventional chemical fertilization in sweet potato cultivation, with specific benefits for each, depending on the production objective.

Keywords: *Ipomoea batatas*, INIAP Toquecita, bioinputs, soil fertility.



Introducción

El camote o batata se cultiva actualmente en 114 países a nivel mundial, destacándose por su versatilidad de uso y los bajos costos que implica su producción (Glato et al., 2017). Su relevancia nutricional es considerable, ya que contribuye a satisfacer las necesidades alimentarias de más de dos mil millones de personas en todo el mundo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2019). El camote es una raíz tuberosa con un gran potencial como opción económica y productiva. Puede ser utilizado para el consumo humano directo, como forraje en la alimentación animal, o como materia prima en la industria para la producción de diversos productos, como alimentos procesados, aditivos, almidones (Sunanta et al., 2019) y biocombustibles (Cantos et al., 2018; Weber et al., 2020).

A nivel mundial, se ha intensificado el interés por mejorar los hábitos alimentarios como parte del cuidado de la salud. Con esta idea, los productos de origen orgánico representan una respuesta a esta demanda, caracterizándose por su naturaleza fresca y la ausencia de residuos químicos en su producción (Murillo y Rodríguez, 2018).

Las tendencias actuales de consumo están cambiando hacia alimentos que favorecen el bienestar, basándose principalmente en productos orgánicos que no contienen agroquímicos (FAO, 2019). Este cambio en las preferencias alimentarias impulsa la necesidad de aumentar la productividad agrícola utilizando enmiendas orgánicas, que son esenciales para mejorar la salud y el estado nutricional del suelo, así como la capacidad productiva de los cultivos (Afrad et al., 2021). Los fertilizantes son fundamentales para la nutrición de las plantas, siendo tan importantes como el agua y la radiación solar. Existen diferentes tipos de enmiendas agrícolas (orgánicas y sintéticas), cada una con sus propias ventajas y desventajas. Los fertilizantes orgánicos, conocidos también como abonos, pueden ser de origen animal o vegetal, y se distinguen por mejorar las condiciones del suelo, favoreciendo la retención de agua y nutrientes, lo cual es clave en los sistemas agrícolas ecológicos. Sin embargo, uno de sus mayores inconvenientes es la menor solubilidad de los nutrientes que contienen, lo que requiere un mayor tiempo para que sean absorbidos por las plantas.

En cuanto al manejo nutricional del camote, como en otros cultivos, es esencial aplicar una estrategia que considere las etapas fenológicas y las necesidades específicas de la planta. Se considera que los requerimientos nutricionales del camote de acuerdo a la interpretación del análisis de suelo, corresponden a niveles bajos de N-P-K cuando existen 80-80-120 Kg·ha⁻¹; medios con 60-40-60 Kg·ha⁻¹ y altos con 40-40-60 Kg·ha⁻¹; respectivamente. El éxito de la fertilización depende de una

correcta interpretación de los análisis del suelo, lo que asegura que los nutrientes estén disponibles en niveles adecuados durante todas las etapas de desarrollo del cultivo, garantizando su disponibilidad continua tanto en las fases vegetativa como reproductiva del camote (Padilla, 1979).

Entre los factores para la productividad de un cultivo destaca la nutrición, aspecto que involucra la selección adecuada de fuentes fertilizantes, el momento oportuno de aplicación y las dosis apropiadas. Los macro y micronutrientes deben suministrarse de forma equilibrada para lograr una nutrición adecuada en los cultivos; de lo contrario, tanto el desarrollo como el rendimiento pueden verse reducidos (Atuna et al., 2018). Los cultivos que desarrollan órganos subterráneos de almacenamiento, como raíces y tubérculos, requieren mayores cantidades de potasio, elemento que sirve para la formación y desarrollo de estas estructuras (Hasan, 2020). El fósforo resulta necesario para los procesos metabólicos, la floración y el desarrollo adecuado de las raíces tuberosas (Kareem, 2013). Los fertilizantes de origen orgánico podrían incrementar la productividad agrícola (Li et al., 2018), siendo prioritaria la identificación de productos orgánicos que ayuden a mejorar los rendimientos mientras mantienen la fertilidad edáfica.

Las diatomeas son una enmienda orgánica formada por esqueletos fosilizados de microalgas unicelulares conocidas como diatomitas. Estos materiales funcionan como acondicionadores del suelo y fuentes de nutrición vegetal, aportando microelementos para el desarrollo de las plantas, que sirven a la recuperación de suelos degradados y potenciando los niveles de fertilidad edáfica (Muñoz et al., 2019). En un estudio realizado por Jaramillo (2021) donde se evaluó el efecto de las diatomeas en cultivo de banano, encontrando que su aplicación complementaria con otros fertilizantes mejoró parámetros como altura de planta (3,73 m), biomasa del racimo (19,12 kg) y número de frutos·racimo⁻¹ (84,58), utilizando una dosis de 12 g de diatomea·planta⁻¹. De manera similar, Raya et al. (2022) reportaron resultados positivos en cultivo de girasol mediante la aplicación foliar de diatomeas, logrando incrementar los rendimientos de semilla hasta 2.047 kg·ha⁻¹.

Según investigaciones de Nagy et al. (2023), los consorcios microbianos beneficiosos, creados a partir de combinaciones específicas de bacterias y hongos, muestran un gran potencial para su aplicación en la producción de camote. De acuerdo con los estudios de White et al. (2019), estos microorganismos ayudan a solubilizar los nutrientes del suelo, lo que mejora su disponibilidad y absorción por las plantas, resultando en un mejor crecimiento y desarrollo del cultivo. Además, estos

microorganismos tienen un efecto protector contra patógenos, actúan como repelentes naturales de herbívoros y pueden frenar el crecimiento de plantas competidoras.

El biochar, también denominado biocarbón, es un material de granulometría fina, color oscuro y alto contenido carbonáceo, que resulta del proceso de pirólisis de biomasa vegetal y que actúa como acondicionador para mejorar las propiedades del suelo (Marousek et al., 2019). Estudios realizados por Indawan et al. (2018) documentaron que la aplicación de biocarbón derivado de residuos de tabaco en cultivo de camote incrementó diversos parámetros productivos, incluyendo la biomasa fresca y seca de raíces tuberosas, la biomasa seca total y el rendimiento estimado de raíces comerciales. Investigaciones complementarias en camote han demostrado que la combinación de 30 t·ha⁻¹ de biochar con 10 t·ha⁻¹ de estiércol avícola produjo mejoras en las características físicas del suelo (reducción de la densidad aparente, incremento de la porosidad y mayor retención de humedad) y en sus propiedades químicas (optimización de pH, carbono orgánico, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio), factores que en conjunto mejoran el rendimiento del cultivo (Agbede y Oyewumi, 2022).

En investigaciones en camote, Rahmawati et al. (2022) documentaron que la incorporación de vermicompost (humus de lombriz) a una dosis de 10 t·ha⁻¹ generó un incremento tanto en la biomasa como en la cantidad de raíces tuberosas·planta⁻¹, en comparación con el tratamiento testigo sin aplicación. Los autores indicaron además que este tratamiento promovió una mayor proporción de raíces tuberosas de primera categoría (grado A, con biomasa superior a 200 g por raíz tuberosa).

El objetivo de este estudio fue evaluar las características productivas y agronómicas del camote INIAP-Toquecita frente a la aplicación de bioinsumos edáficos.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se ejecutó durante el periodo seco (julio-diciembre 2022) en la Estación Experimental Portoviejo del INIAP, ubicada en la parroquia Colón, provincia de Manabí, Ecuador. Las coordenadas geográficas del sitio experimental corresponden a 1°07'2,64" S y 80°23'18,3" O, con una elevación de 44 msnm. Durante el periodo de estudio, las condiciones climáticas registraron temperaturas fluctuantes entre 21 y 31°C, humedad relativa promedio del 82% y una precipitación media anual de 672,7 mm. El terreno presentó topografía plana y, según el análisis realizado en la Estación Experimental Tropical Pichilingue, el suelo posee textura limosa. Los factores evaluados incluyeron cinco bioinsumos: diatomeas, consorcio de microorganismos benéficos, biocarbón, vermicompost (presentado en forma de perlas) y material orgánico vegetal (cáscara de maní procesada). El detalle de los tratamientos se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos con las fuentes de fertilización orgánica al suelo en el cultivo de camote variedad INIAP-Toquecita.

Nº	Variedad	Bioinsumos edáficos	Dosis·ha ⁻¹
T1	INIAP-Toquecita	Diatomeas	2 kg
T2	INIAP-Toquecita	Microorganismos eficientes	10 L
T3	INIAP-Toquecita	Biochar	20 kg
T4	INIAP-Toquecita	Humus de lombriz	1 t
T5	INIAP-Toquecita	Materia orgánica	1 t
T6	INIAP-Toquecita	Sin aplicación	

Se implementó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con seis tratamientos y tres repeticiones, dando 18 unidades experimentales. Cada parcela experimental constaba de tres surcos con longitud de 5,1 m, separados a 0,8 m entre sí. Para las evaluaciones se seleccionaron aleatoriamente 10 plantas del surco central (considerado como parcela útil). El material de propagación consistió en guías de la variedad INIAP-Toquecita, seleccionadas de plantas con tres meses de edad, que presentaban vigor, estaban libres de plagas y enfermedades, y fueron extraídas de la sección apical. El procesamiento estadístico incluyó análisis descriptivos complementados con análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey al 95% de confianza.

El establecimiento del ensayo se realizó en un terreno previamente preparado mediante labores mecanizadas (un pase de arado profundo, doble rastra y surcado), asegurando un suelo bien mullido y libre de terrones. Previo a la siembra, se efectuó un análisis químico del suelo para establecer la línea base de condiciones nutricionales. La siembra se realizó trazando un surco lateral a 10 cm de profundidad con ayuda de un pico, donde se colocaron guías de 40 cm de longitud en posición horizontal, espaciadas a 30 cm entre plantas y 80 cm entre hileras, estableciendo una densidad poblacional de 41.666 plantas·ha⁻¹. Las guías se cubrieron parcialmente, dejando aproximadamente una cuarta parte expuesta. El riego se administró por gravedad, con frecuencia semanal durante el primer mes y quincenal a partir del segundo mes, hasta los 90 días después de la siembra. La aplicación de los bioinsumos edáficos se realizó en dos momentos: al momento de la siembra y 20 días después. Las prácticas agronómicas adicionales se efectuaron siguiendo las recomendaciones del Manual Técnico del cultivo de camote (Cobena et al., 2017).

A los 15 días después de la siembra (dds), se evaluó el porcentaje de prendimiento de las guías. La medición del vigor vegetativo se llevó a cabo a los 45 dds utilizando una escala cualitativa con tres categorías: escaso (P), moderado (I) y vigoroso (V).

A los 60 dds se valoraron múltiples parámetros: cobertura de suelo mediante una escala categórica: baja (<50%), media (50-74%), alta (75-90%) y total (>90%), según metodología propuesta por Huamán (1991); biomasa de 100 guías, seleccionando segmentos de 40 cm de longitud y expresando el resultado en kilogramos; número de guías·planta⁻¹, contabilizando aquellas con longitud

superior a 40 cm; longitud de guías, medida desde la base hasta el ápice de la guía principal, expresada en centímetros.

A los 120 dds se realizó la evaluación final, incluyendo: rendimiento de biomasa fresca aérea (hojas y tallos), expresado en $t \cdot ha^{-1}$; conteo de raíces tuberosas comerciales, excluyendo aquellas con daños o biomasa inferior a 100 g, expresado en unidades por hectárea; rendimiento de raíces comerciales, expresado en $t \cdot ha^{-1}$.

Adicionalmente, se determinó el índice de verdor utilizando el medidor SPAD 502 Konica Minolta (León et al., 2021), tomando lecturas en hojas ubicadas en la sección media de las guías. Al finalizar el ciclo productivo, se tomaron muestras de suelo y material vegetal de cada tratamiento para realizar análisis de macro y micronutrientes en el laboratorio especializado de la Estación Experimental Santa Catalina, Pichincha, Ecuador.

Resultados y discusión

Prendimiento y vigor

Respecto a la variable prendimiento, el análisis de los datos (tabla 2) reveló que todos los tratamientos alcanzaron elevados porcentajes de establecimiento, oscilando entre 96 y 100%. Este resultado favorable se atribuyó a la calidad del material de propagación utilizado, consistente en guías seleccionadas de plantas saludables y vigorosas, con tres meses de desarrollo y aproximadamente 40 cm de longitud. Los valores obtenidos superaron lo reportado por Quispe (2017), quien documentó un promedio de 91,53% de prendimiento en su estudio con camote. En cuanto al vigor, la tabla 2 muestra que la totalidad de los tratamientos exhibió un nivel vigoroso, condición probablemente influenciada por el adecuado régimen de humedad mantenido durante la fase inicial del cultivo, dado que el sistema de riego por gravedad implementado permitió preservar la humedad edáfica por periodos superiores a 7 días. Esta observación concordó con lo señalado por Quispe (2017), quien asoció el adecuado vigor de las plantas con condiciones hídricas favorables durante la etapa inicial de desarrollo.

Tabla 2. Porcentaje de prendimiento y vigor del camote.

Tratamientos	Prendimiento (%)	Vigor*
Diatomeas	99	V
Microorganismos eficientes	96	V
Biochar	96	V
Humus de lombriz	100	V
Materia orgánica	98	V
Sin aplicación (T)	99	V

*Escala P= poco vigor; I= intermedio; V= vigoroso.

Cobertura de suelo

Con relación con la cobertura de suelo, se observó variabilidad en los porcentajes entre los distintos tratamientos evaluados. Como se observa en la tabla 3, el tratamiento testigo (sin aplicación de bioinsumos) logró la mayor cobertura del suelo con un 87%, seguido por el tratamiento con vermicompost, que alcanzó un 83%. Estos resultados son superiores a los documentados por Quispe (2017), quien en su investigación registró una cobertura foliar de nivel intermedio. Aun cuando se clasificaron en este rango, dicho autor destacó la naturaleza invasiva característica del camote y la rápida expansión de su dosel foliar.

Biomasa de guías

En cuanto a la biomasa de 100 guías, los resultados evidenciaron diferencias entre los tratamientos, con valores que variaron entre 1,3 y 1,9 kg para segmentos de 40 cm de largo. Las diferencias encontradas sugirieron que los bioinsumos aplicados afectaron la acumulación de biomasa en las guías a los 60 días. En este caso, el tratamiento con biocarbón se destacó al obtener la mayor biomasa, alcanzando 1,9 kg por cada 100 guías muestreadas.

Tabla 3. Resultados para las variables cobertura de suelo (%) y biomasa de 100 guías (kg) en los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Cobertura de suelo (%)	Biomasa de 100 guías (kg)
Diatomeas	80	1,7
Microorganismoseficientes	57	1,5
Biochar	70	1,9
Humus de lombriz	83	1,3
Materia orgánica	70	1,6
Sin aplicación (T)	87	1,5

Número de guías por planta y rendimiento de follaje

Al analizar la variable número de guías·planta⁻¹, se evidenció que cinco de los seis tratamientos presentaron valores similares, promediando 6 guías·planta⁻¹. La excepción fue el tratamiento con biocarbón, que mostró un desarrollo vegetativo superior con 9 guías·planta⁻¹. Esta diferencia en la proliferación vegetativa se reflejó directamente en el rendimiento de biomasa aérea, donde este mismo tratamiento alcanzó la mayor producción con 24,17 $t \cdot ha^{-1}$ (tabla 4). Estos hallazgos coincidieron con lo reportado por Andika et al. (2019), quienes documentaron que la incorporación de 10 $t \cdot ha^{-1}$ de biocarbón derivado de paja de arroz produjo un incremento significativo en la biomasa, alcanzando 1227,81 $g \cdot planta^{-1}$.

Tabla 4. Número de guías por planta y rendimiento del follaje.

Tratamientos	Guías·planta ⁻¹	Rendimiento de follaje (t·ha ⁻¹)
Diatomeas	6	21,25
Microorganismos eficientes	6	17,78
Biochard	9	24,17
Humus de lombriz	6	16,53
Materia orgánica	6	17,08
Sin aplicación (T)	6	19,44
CV (%)	46,92	42,09
Tukey 0,05	ns	ns

Número de raíces comerciales y rendimiento de raíces

En cuanto al rendimiento de órganos de reserva, el análisis estadístico del número de raíces comerciales (tabla 5) no detectó diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, se identificaron variaciones numéricas importantes, destacándose el tratamiento con vermicompost, que registró la mayor cantidad de raíces comerciales por hectárea (170.835 unidades) y simultáneamente el rendimiento más elevado con 24,90 t·ha⁻¹. Estos resultados fueron consistentes con lo reportado por Rahmawati et al. (2022), quienes indicaron que la aplicación de 10 t·ha⁻¹ de vermicompost generó incrementos en la biomasa y cantidad de tubérculos·planta⁻¹ en comparación con el testigo sin aplicación. Adicionalmente, estos investigadores observaron una mayor proporción de raíces tuberosas frescas de categoría premium (grado A, con biomasa superior a 200 g·raíz tuberosa⁻¹) en las parcelas tratadas con este bioinsumo.

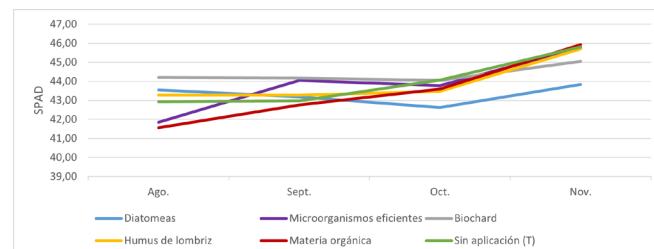
Tabla 5. Número de raíces comerciales y rendimiento de raíces comerciales.

Tratamientos	Número de raíces comerciales·ha ⁻¹	Rendimiento raíces comerciales (t·ha ⁻¹)
Diatomeas	162.501	24,13
Microorganismos eficientes	158.334	21,01
Biochard	115.279	16,13
Humus de lombriz	170.835	24,90
Materia orgánica	168.057	22,70
Sin aplicación (T)	154.168	19,71
CV (%)	30,07	24,76
Tukey 0,05	ns	ns

Índice de verdor (SPAD)

El índice de verdor, parámetro vinculado a la concentración de pigmentos fotosintéticos que permite a las plantas captar energía lumínica para su conversión en energía química durante la fotosíntesis, mostró un comportamiento de incremento en el tiempo. Como se ilustra en la figura 1, los valores SPAD registraron un incremento progresivo a lo largo del ciclo fenológico, desde inicios de agosto hasta finales de noviembre. El tratamiento con materia orgánica vegetal se distinguió por mantener consistentemente las lecturas más elevadas, con valores

oscilando entre 41,86 y 45,93 unidades SPAD. Estos resultados difirieron de lo descrito por Pepo (2018), quien documentó una tendencia decreciente en las lecturas SPAD hacia el final del ciclo vegetativo.

**Figura 1.** Índice de verdor expresado en unidades SPAD en plantas de camote (*Ipomoea batatas*).

Análisis de macro y micro elementos en suelos

Los análisis de suelo (tabla 6) indicaron que ciertos elementos minerales presentes inicialmente en el suelo, como el fósforo, azufre, boro, zinc, hierro y manganeso, mostraron una reducción en sus concentraciones al finalizar el ciclo productivo, lo que reveló una absorción activa de estos nutrientes por el cultivo durante su desarrollo.

Tabla 6. Datos de macro y micro elementos presentes en el suelo en pre y post cosecha, EEP. 2023.

Tratamientos	Macro y micro elementos												
	ppm					Meq/100 g					ppm		
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn	MO	pH
Diatomeas	6,7	16,1	1,8	27,9	5,4	12,6	0,8	1,4	8,4	16,0	1,9	0,9	8,2
Microorganismos eficientes	9,3	17,6	1,9	28,3	5,0	15,0	0,7	1,3	8,0	15,0	2,2	0,9	8,3
Biochard	32,6	18,0	1,9	28,6	5,3	13,1	0,7	1,1	8,2	19,0	2,1	0,9	8,5
Humus de lombriz	15,6	13,2	1,8	29,4	5,6	16,7	0,7	1,4	8,1	17,0	1,9	0,8	8,5
Materia Orgánica	15,1	17,1	1,8	25,5	5,1	10,5	0,7	1,5	7,6	18,0	2,0	0,7	8,7
Sin aplicación (T)	15,3	14,6	1,9	24,8	4,7	14,3	0,8	1,2	7,7	12,0	2,3	0,9	8,5
Análisis de suelo inicial	6,0	50,0	1,3	12,0	4,3	24,0	1,3	4,1	3,6	100,0	7,0	1,0	8,1

Análisis de macro y micro elementos en follaje a los 120 dds

Los resultados del análisis nutricional del follaje a los 120 días después de la siembra (tabla 7) indicaron que todos los elementos analizados en los diferentes tratamientos superaron los niveles críticos establecidos por Bolle-Jones e Ismunadji (1963) y Spence y Ahmad (1967). Según estos autores, los niveles adecuados de nutrientes a los 105 días después de la siembra correspondieron a: N 3,7 ppm; P 0,4 ppm; K 5,9 meq/100 g; Ca 0,6 meq/100 g; Mg 0,54 meq/100 g y S 0,41 ppm; mientras que los niveles de deficiencia se situaron en: N 2,5 ppm; P 0,1 ppm; K 0,8 meq/100 g; Ca 0,2 meq/100 g y Mg 0,16 meq/100 g. Para el estadio de 150 días después de la siembra, los niveles óptimos reportados son: N 2,88 ppm; P 0,2 ppm; K 1,76 meq/100 g; Ca 0,92 meq/100 g; Mg 0,22 meq/100 g y S 0,25 ppm; considerándose como niveles

deficitarios: N 1,5 ppm; P 0,1 ppm; K 0,5 meq/100 g; Ca 0,2 meq/100 g; Mg 0,05 meq/100 g y S 0,08 ppm.

Tabla 7. Macro y micro elementos presentes en el follaje a los 120 dds, EEP. 2023

Tratamiento	%						mg·kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
Diatomea	2,13	0,39	2,99	2,62	0,47	0,29	62,11	54,3	10,18	812,85	37,54
Microorganismos eficientes	2,61	0,42	3,55	2,28	0,46	0,28	44,56	26,41	10,97	842	36,78
Bichard	2,24	0,4	3,17	2,24	0,48	0,26	44,61	32,78	11,67	830,38	25,75
Humus de lombriz	2,18	0,4	3,08	2,58	0,47	0,3	63,42	26,55	9,98	1038,1	43,94
Materia Orgánica	2,2	0,42	3,41	2,28	0,44	0,27	53,66	29,2	12,77	940,5	38,35
Sin aplicación (T)	2,89	0,4	3,72	1,72	0,43	0,27	33,15	34,31	12,31	1229	42,19

Respecto al contenido de biomasa seca en el material foliar evaluado a los 120 días después de la siembra, la figura 2 mostró que los valores oscilaron entre 16 y 20%. El tratamiento con biocarbón se destacó por alcanzar la mayor concentración de biomasa seca, con un 20%.

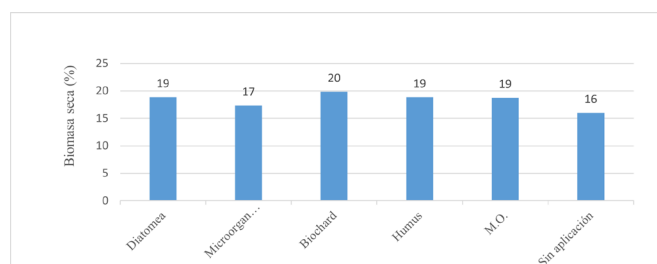


Figura 2. Contenido de materia seca en hojas de camote a los 120 días.

Conclusión

Los resultados de esta investigación demuestran que la incorporación de bioinsumos al suelo genera impactos importantes sobre diversos parámetros agronómicos y productivos en la variedad de camote INIAP-Toquecita. Esto sugiere que los insumos biológicos evaluados son alternativas viables para incrementar el rendimiento y la calidad del cultivo.

El biocarbón mostró un efecto positivo en el desarrollo vegetativo de las plantas. Aquellas que recibieron este tratamiento presentaron una mayor ramificación (9 guías·planta⁻¹, frente a 6 en los otros tratamientos), una mayor biomasa en las guías (1,9 kg por cada 100 guías) y, como resultado, una mayor producción de biomasa aérea (24,17 t·ha⁻¹). Estos resultados hacen del

biocarbón una opción recomendable cuando se busca optimizar la producción de biomasa foliar.

El vermicompost, logró el establecimiento perfecto de las guías (100% de prendimiento), así como la mayor densidad de raíces comerciales por hectárea (170.835 unidades) y el rendimiento máximo de raíces tuberosas comerciales (24,90 t·ha⁻¹). Estos resultados indican que el vermicompost puede ser particularmente efectivo para incrementar la producción de órganos de reserva en camote.

Los análisis de los niveles nutricionales, tanto en el suelo como en el tejido foliar, indicaron que al final del ciclo productivo, ninguno de los tratamientos mostró deficiencias de macro o micronutrientes. Esto sugiere que todos los bioinsumos evaluados proporcionaron una nutrición adecuada para el cultivo. Se notó una absorción eficiente de fósforo y hierro, lo que podría estar relacionado con las mejoras observadas en el desarrollo vegetativo y el rendimiento.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

- Afrad, M. S. I., Mustafizur Rahman, G. K. M., Saiful Alam, M., Ali, M. Z. and Barau, A. A. (2021). Effects of organic and inorganic fertilizers on growth and yield of different crops at Charlands in Bangladesh. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 17(3), 27-40. <https://doi.org/10.9734/ajaar/2021/>
- Agbede, T. and Oyewumi, A. (2022). Benefits of biochar, poultry manure and biochar–poultry manure for improvement of soil properties and sweet potato productivity in degraded tropical agricultural soils. *Resources, Environment and Sustainability*, 7, 100051, <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2022.100051>.
- Andika, M., Rahmawati, N. and Sitepu, F. (2019). Growth and production responses of local sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L.) genotypes on paddy straw biochar application in the paddy fields. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 260, 012152. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/260/1/012152>
- Atuna, R. A., Aduguba, W. O., Alhassan, A. R., Abukari, I. A., Muzhingi, T., Mbongo, D. and Amagloh, F. K. (2018). Post-harvest quality on two orange-fleshed sweet potato [*Ipomoea batatas* (L) lam.] cultivars as influenced by organic soil amendmen treatments. *Journal of Nutrition*

- & *Food Sciences*, 8(6), 3-8. <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000691>.
- Bolle-Jones, E. W. e Ismunadji, M. (1963). Mineral deficiency symptoms of the sweet potato. *Empire Journal of Experimental Agriculture*, 31, 60-64.
- Cobeña Ruiz, G., Cañarte, E., Mendoza, A., Cárdenas Guillen, F. M. y Guzmán Cedeño, Á. (2017). *Manual técnico del cultivo de camote*. https://www.researchgate.net/publication/330968472_MANUAL_TECNICO_DEL_CULTIVO_DE_CAMOTE
- Cantos, A., Vilela, J., Machado, J., Perez, E. and Vilela, N., (2018). Alcohol production from sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) genotypes in fermentative medium. *Acta Agronómica*, 67(2), 231-237. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n2.65321>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2019). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. Roma. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/CA6030ES>
- Glato, K., Aidam, A., Kane, N. A., Bassirou, D., Couderc, M., Zekraoui L., Scarcelli, N., Barnaud, A. and Vigouroux, Y. (2017) Structure of sweet potato (*Ipomoea batatas*) diversity in West Africa covaries with a climatic gradient. *PLoS ONE*, 12(5), e0177697. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177697>
- Hasan, S. and Ragab, A. (2020). Effect of potassium fertilizer, feldspar rock and potassium releasing bacterium (*Bacillus circulans*) on sweet potato plant under sandy soil conditions. *Scientific Journal of Agricultural Sciences*, 2(2), 56-63. <https://doi.org/10.21608/sjas.2020.41338.1035>
- Huamán, Z. (1991). Descriptores de la batata. CIP/AVRDG/IBPGR, https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/learning_space/descrip_sweet_potato_spa_jpg.pdf
- Indawan, E., Lestari, S. U. and Thiasari, N. (2018). Sweet potato response to biochar application on sub-optimal dry land. *J. Degrade. Min. Land Manage*, 5(2), 1133-1139, <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2018.052.1133>.
- Jaramillo, C. (2021). Efecto de nitrógeno, fosforo y potasio más tierra de diatomea en el cultivo de plátano (*Musa AAB*), cantón Milagro, provincia del Guayas. Tesis. Milagro-Ecuador. <http://181.198.35.98/Archivos/JARAMILLO%20QUNDE%20CARLOS%20JAVIER.pdf>
- Kareem, I. (2013). Growth, yield and phosphorus uptake of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) under the influence of phosphorus fertilizers. *Res. J. Chem. Env. Sci.* 3, 50-55. http://www.aelsindia.com/Vol1august_2013/9.pdf
- Li, X. P., Liu, C. L., Zhao, H., Gao, F., Ji, G. N., Hu, F. and Li, H. X. (2018). Consistent improvements in soil biochemical properties and crop yields by organic fertilization for above-ground (rapeseed) and below-ground (sweet potato) crops. *The Journal of Agricultural Science*, 156(10), 1186-1195. <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/abs/consistent-improvements-in-soil-biochemical-properties-and-crop-yields-by-organic-fertilization-for-aboveground-rapeseed-and-belowground-sweet-potato-crops/2E42A378BEA988ACA9CF0936312D206D>
- León-Pacheco, R. I., Pérez-Macias, M., Fuenmayor-Campos, F. C., Rodríguez-Izquierdo, A. J., Rodríguez-Yzquierdo, G. A. and Villagran-Munar, E. A. (2021). Evaluación agronómica y fisiológica en clones de camote (*Ipomoea batatas*) sometidos a condiciones de estrés hídrico. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 719-732. https://www.redalyc.org/journal/437/43768194002/html/#redalyc_43768194002_ref28
- Maroušek, J., Strunecký, O. and Stehel, V. (2019). Biochar farming: defining economically perspective applications. *Clean Techn Environ Policy*, 21, 1389-1395. <https://doi.org/10.1007/s10098-019-01728-7>
- Méndez, C., Moreira, M. y Bertsch, F. (1987). Absorción y contenido de nutrientes durante el ciclo de la planta de dos cultivares de camote (*Ipomoea batatas* L.), en Alajuela. *Bol. Téc. Est. Fabio B.* 20(1), 1-10. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/78663/1Mendez-camote.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Muñoz, M., Cabello, C., Canafoglia, M., González, M., Botto, I. y González, M. (2019). Caracterización físico-química y valorización de tierra de diatomea de Antofagasta de la sierra, Catamarca, Argentina. V Reunión Argentina de Geoquímica de la Superficie. La Plata, Argentina 12-14 de junio de 2019. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/77631>
- Murillo, A. y Rodriguez, D. (2018). Alimentación saludable, la gran tendencia del consumo actual. Proyecto de grado, Universidad Autonoma de Occidente, Facultad de Ciencias Economicas y administrativas, Departamento de Ciencias Administrativas, Programa mercadeo y negocios internacionales, Santiago de Cali. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10621/T08290.pdf?sequence=5>
- Nagy, V. D., Zhumakayev, A., Vörös, M., Bordé, Á., Szarvas, A., Szűcs, A., Kocsubé, S., Jakab, P., Monostori, T., Škrbić, B. D., Mohai, E., Hatvani, L., Vágvölgyi, C. and Kredics, L. (2023). Development of a multicomponent microbiological soil inoculant and its performance in sweet potato cultivation. *Microorganisms*, 11(4), 914. doi: 10.3390/microorganisms11040914. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37110337/>



- Padilla, W. (1979). *Guía de recomendaciones de fertilización para los principales cultivos del Ecuador*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Pepó, P. (2018). The effect of different planting methods on the yield and SPAD readings of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). COLUMELLA – *Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 5(1), 7-12. <https://doi.org/10.18380/SZIE.COLUM.2018.5.1.7>
- Quispe, A. (2017). Adaptación y rendimiento de 20 clones de camote (*Ipomoea batatas* L.) de doble propósito en el ecosistema de bosque seco, Piura. *Ciencia y Desarrollo*, 20(1), 15-48. <https://doi.org/10.21503/cyd.v20i1.1407>
- Rahmawati, N., Sitepu1, F. and Pasaribu1, M. (2022). Vermicompost application to increase sweet potato local genotype yield to support sustainable agriculture. IOP Conf. Ser.: *Earth Environ. Sci.*, 977, 012027. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/977/1/012027/pdf>
- Raya, Y., Apaez, M., Lara, M. y Apaez, P. (2022). Producción de girasol (*Helianthus annuus* L.) con aplicación foliar de tierra diatomea. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 8(1), e0081001. <http://aap.uaem.mx/index.php/aap/article/view/232/123>
- Spence, J. A. and Ahmad N. (1967). Plant nutrient deficiencies and related tissue composition of the sweet potato. *Agron. J.*, 59, 59-62.
- Sunantha, K., Lovedeep, K., Yukiharu, O. and Jaspreet, S. (2019). Sweet potato microstructure, starch digestion, and glycemic index. pp. 243-272. Chapter 9. Tai-Hua, M. and Singh, J. (Eds.). *Sweet Potato*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813637-9.00009-0>.
- White, J. F., Kingsley, K. L., Zhang, Q., Verma, R., Obi, N., Dvinskikh, S., Elmore, M. T., Verma, S. K., Gond, S. K. and Kowalski, K. P. (2019). Review: Endophytic microbes and their potential applications in crop management. *Pest Management Science*, 75(10), 2558-2565. <https://doi.org/10.1002/ps.5527>.
- Weber, C., Ranzan, L., Liesegang, L., Ferreira, L. and Trierweiler, J., (2020). A circular economy model for ethanol and alcohol-based hand sanitizer from sweet potato waste in the context of COVID-19. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 17(03), e20201025. <https://doi.org/10.14488/10.14488/BJOPM.2020.028>

Declaración de contribución a la autoría según CRediT

Jennifer López Castro: metodología, investigación, análisis formal, redacción-borrador original. **Zully Soledispa Bernita:** metodología, investigación, análisis formal, redacción-borrador original. **Joffre Añazco Chávez:** Metodología, redacción-revisión y edición. **Favio Ruilova Narváez:** metodología, investigación, análisis formal, redacción-borrador original. **Xavier Ortiz Dueñas:** investigación, redacción-revisión y edición. **Jorge Tumbaco Vera:** investigación, redacción-revisión y edición. **Gloria Cobeña Ruiz:** metodología, investigación, análisis formal, redacción-borrador original. **Chang Hwan Park:** investigación.