

Evaluation of soil improvers with mineral fertilization in tobacco cultivation (*Nicotiana tabacum* L)

Evaluación de mejoradores de suelo con fertilización mineral en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L)

Autores:

Pallo-Riofrio, David
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Estudiante
La Maná – Ecuador



david.pallo4622@utc.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0000-4702-7161>

Pincay-Ronquillo, Wellington
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Docente
La Maná – Ecuador



wellington.pincay4586@utc.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0003-3366-6477>

López-Bózquez, Jonathan
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Docente
La Maná – Ecuador



jonathan.lopez9292@utc.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-6146-9748>

Fechas de recepción: 16-DIC-2024 aceptación: 16-ENE-2025 publicación: 15-MAR-2025



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

La investigación se desarrolló en el Centro Experimental “La Playita” en el Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi, el proyecto tuvo una duración de tres meses, el objetivo principal fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de fertilización en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), con la utilización de un diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos: T1 es el testigo, T2 fertilización convencional (NPK), T3 micorrizas (4 L/ha), T4 diatomeas (4 L/ha), T5 microorganismo eficientes ME (4 L/ha). Los resultados obtenidos mostraron que la aplicación de cualquiera de las diferentes fuentes aporta los requerimientos nutricionales de las plantas, es así que las variables agronómicas con mejores resultados de peso seco (Diatomeas 395,52 g), peso fresco (Diatomeas 1615.78 g), altura (Fertilización convencional 58,04 cm), número de hojas (10,04), largo (ME 60,92 cm), ancho (Micorrizas 37,78 cm) y diámetro (ME 21,32 mm) de hoja, no presentaron diferencias estadísticas entre sí. así como las variables edáficas de porcentaje de humedad, pH y conductividad eléctrica inicial y final. En cuanto a rendimiento y nivel de clorofila, los mayores valores se obtuvieron con la aplicación de Diatomeas 1977,60 kg y 6.23, respectivamente, pero sin marcar diferencias estadísticas significativas con el resto de tratamientos. Lo que permite concluir la efectividad de estos reemplazos a la fertilización convencional, conservando el medio y favoreciendo el reciclaje de nutrientes.

Palabras clave: Diatomeas; Micorrizas; Fertilización; Rendimiento



Abstract

The research was developed at the Experimental Center "La Playita" in the Canton La Maná, Province of Cotopaxi, the project lasted three months, the main objective was to evaluate the effect of the application of different sources of fertilization in the cultivation of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.), using a randomized complete block design, with five treatments: T1 is the control, T2 conventional fertilization (NPK), T3 mycorrhiza (4 L / ha), T4 diatoms (4 L / ha), T5 efficient microorganism ME (4 L / ha). The results obtained showed that the application of any of the different sources provides the nutritional requirements of the plants, so the agronomic variables with the best results for dry weight (Diatoms 395.52 g), fresh weight (Diatoms 1615.78 g), height (Conventional fertilization 58.04 cm), number of leaves (10.04), length (ME 60.92 cm), width (Mycorrhizae 37.78 cm) and diameter (ME 21.32 mm) of leaf, did not present statistical differences between them. as well as the soil variables of humidity percentage, pH and initial and final electrical conductivity. Regarding yield and chlorophyll level, the highest values were obtained with the application of Diatoms 1977.60 kg and 6.23, respectively, but without marking significant statistical differences with the rest of the treatments. This allows us to conclude the effectiveness of these replacements to conventional fertilization, conserving the environment and promoting nutrient recycling.

Keywords: Diatoms; Mycorrhizae; Fertilization; Yield



Introducción

El cultivo del tabaco, es considerada una planta puramente americana, cuya importancia radica en el creciente consumo de éste, además de poseer un alto valor económico en la exportación y gozar de alto reconocimiento internacional por su calidad (Calero, et. al., 2018). En Ecuador dicho cultivo se ha convertido en un rubro altamente cotizado, y su producción se centra principalmente en las provincias del Guayas y Los Ríos (Castro, 2021). Un interés general radica en procurar un mayor rendimiento, encontrando las variantes que permitan el desarrollo de una agricultura rentable y menos contaminante del medio ambiente. Considerando que la calidad de la hoja (tamaño, sanidad, composición, etc.) es el principal determinante del precio, es fundamental que el plan de fertilización sea balanceado (Cruz, et al., 2014) y, de acuerdo con las características edáficas de la zona, esto permitirá encontrar la combinación de nutrientes que logre mejorar la proporción de hojas de primera calidad dentro de la cosecha.

Por lo tanto, se buscaría reemplazar o minimizar la fertilización convencional con opciones más amigables con el medio, pero igual de eficientes. Entre estas se pueden encontrar al uso de microorganismos eficientes, que contienen más de 80 especies de microorganismos, algunas especies son aeróbicas, anaeróbicas e incluso especies fotosintéticas cuyo logro principal es que pueden coexistir como comunidades microbianas e incluso pueden completarse (Morocho & Leiva, 2019); llevando a cabo la fijación biológica de nitrógeno (FBN) gracias a las bacterias simbióticas y las bacterias de vida libre. Así también los microorganismos eficientes a su vez pueden promover el reciclaje de nutrientes en el suelo, así como incrementar la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

La tierra de diatomeas es un mineral de origen vegetal constituido por algas unicelulares, cuyas funciones principales en la agricultura son nutrir el suelo y con ello las plantas debido a su elevada composición en minerales y micronutrientes vitales para el metabolismo de los tejidos vegetales, así también, destaca su elevado contenido en magnesio, esencial para la actividad de enzimas que participan en la síntesis de ADN, lo que se traduce en la estimulación de la división celular y crecimiento (Innoplant, 2020).



Otra opción ampliamente empleada se basa en la aplicación de micorrizas, uno de los tipos de simbiosis más abundante de la biosfera, que mejoran la absorción de agua y nutrientes de la raíz, permitiendo que colonicen los suelos más pobres. reconocidas por su capacidad de mejorar propiedades físico- químicas del suelo y, favorecer interacciones benéficas que mejoran la disponibilidad de nutrientes, además de reducir las dosis de fertilizantes a aplicar a las plantas micorrizadas, disminuyendo así los efectos de la contaminación de los suelos y las aguas (Franco, 2016).

Material y métodos

La investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental “La Playita”, en el cantón La Maná, en la provincia de Cotopaxi, Ecuador.

Material

Tabla 1

Material vegetal utilizado en la investigación

Cultivo: Tabaco	
Altura	1 a 3 m
Sistema radicular	Penetrante
Número de hojas	10 a 20
Forma de hojas	Lanceoladas, alternas o pecioladas
Temperatura óptima	18 a 28 °C

Fuente: (Mancheno, 2016)

Métodos

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos donde el T1 es el testigo, T2 fertilización convencional (NPK), T3 micorrizas (4 L/ha), T4 diatomeas (4 L/ha), T5 microorganismo eficientes (4 L/ha), analizando variables como altura de planta (cm) con la ayuda de un flexómetro, diámetro de tallo (mm) se utilizó un pie de rey, número de hojas por planta, tanto para el largo de hoja (cm), ancho de hoja (cm) se utilizó un flexómetro, biomasa total (g) se tomó con la ayuda de una balanza digital, porcentaje de humedad, porcentaje de masa seca y rendimiento (kg/ha).



Resultados

Descripción de la muestra

Se tomaron cinco plantas de cada tratamiento para su evaluación, para el estudio de las variables se tomaron datos posteriores a los 60 días después de la siembra (DDS), sus resultados fueron analizados mediante análisis de varianza ANOVA, con una prueba de comparación múltiple de Tukey al 0,05% utilizando el programa estadístico InfoStat 2018.

Análisis de los Resultados

A continuación, se presentan los resultados de cada variable evaluada en el ensayo

Altura (cm)

Tabla 1.

Altura de planta (cm) en la evaluación de mejoradores de suelo con fertilización mineral en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.)

Tratamientos	Altura de planta (cm) 60 días
Fertilización convencional	58,04 a
Micorrizas	54,68 a
Diatomeas	54,52 a
Microorganismos eficientes	48,11 a b
Testigo	38,00 b
CV:	32,35

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La tabla 2, muestra la altura de planta, obtenida tras la aplicación de los diferentes tratamientos, donde se muestra que no existieron diferencias estadísticas significativas entre la fertilización convencional, Micorrizas, Diatomeas y Microorganismos eficientes; siendo estos de mayor altura si comparado con el testigo. Dichos resultados podrían estar ligados a que tanto los hongos como las bacterias benéficas, aplicados al suelo promueven el reciclaje de nutrientes en el mismo, y ayudan a incrementar la disponibilidad de nutrientes para las plantas, logrando fertilizarlas y al mismo tiempo nutrir al suelo (García, 2017).

Por otra parte, debido a que fertilización convencional fue realizada en base a un análisis de suelo, la plantas probablemente, encontraron la cantidad necesaria que les permitió desarrollarse y estar a nivel de los tratamientos biológicos. Así, dichos valores de altura son semejantes a los reportados por Pilaguano & Villavicencio (2024), siendo estos de 61.77 y 58,14 cm en época lluviosa y seca, respectivamente en una finca del cantón la Maná.

Tabla 2.

Diámetro (mm) en la evaluación de mejoradores de suelo con fertilización mineral en el cultivo de tabaco
(Nicotiana tabacum L.)

Tratamientos	Diámetro (mm) 60 días
Fertilización convencional	17,96 b c
Micorrizas	20,24 a b
Diatomeas	16,16 c
Microorganismos eficientes	21,32 a
Testigo	15,96 c
CV:	18,01
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)</i>	

En cuanto al diámetro, se observa que el mayor valor, corresponde al tratamiento con Microorganismos eficientes (ME) y Micorrizas, seguido por la Fertilización convencional y Diatomeas. En cuanto al diámetro alcanzado con el uso de diatomeas, se evidencia que, pese a presentar un alto contenido en minerales de origen vegetal que favorece el desarrollo especialmente en fase de crecimiento (Soriano, 2020), probablemente, las actividades de simbiosis son precursoras de un mayor crecimiento, razón por la cual el valor obtenido tanto en este tratamiento como con el de fertilización convencional fueron semejantes entre sí, pero inferiores a ME y micorrizas.

Tabla 3.

Número de hojas en la evaluación de mejoradores de suelo con fertilización mineral en el cultivo de tabaco
(Nicotiana tabacum L.)

Tratamientos	Número de hojas 60 días
Fertilización convencional	9,60 a b



Micorrizas	9,76 a b
Diatomeas	10,04 a
Microorganismos eficientes	9,64 a b
Testigo	8,28 b
CV:	19,97

Para la variable número de hojas, se destaca como mejor al tratamiento de diatomeas, sin embargo, no muestra diferencias estadísticas con el resto de tratamientos, siendo el número de hojas promedio de 10, a los 60 días; estos valores, podrían ser resultados de la actividad que favorecen estos productos biológicos y, para el caso de diatomeas debido a su alto contenido de silicio y micronutrientes, que facilitan la capacidad de intercambio catiónico y la absorción de nutrientes por la planta (Baglione, 2011). También se destaca su elevado contenido en magnesio, esencial para la actividad de enzimas que participan en la síntesis de ADN, lo que se traduce en la estimulación de la división celular y crecimiento (Castro, 2021).

Tabla 4.

Ancho y Largo de hoja en la evaluación de mejoradores de suelo con fertilización mineral en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.)

Tratamientos	Ancho (cm)	Largo (cm)
Micorrizas	37,78 a	57,08 b
Microorganismos eficientes	37,76 a	60,92 a
Diatomeas	36,76 a	60,19 a
Fertilizacion convencional	36,60 a	56,39 b
Testigo	29,20 b	43,60 c
CV:	9,15	5,93

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Para la variable de Ancho y Largo de la hoja, se muestra que no existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, cuyo valor osciló entre los 36 y 37 centímetros, versus el testigo con un valor de 29,20 cm. Lo cual concuerda con lo reportado por Calero, *et. al.*, (2018), quienes probaron diferentes dosis de varios bioestimulantes y,



mostraron la influencia positiva de cada uno en las variables morfológicas y de rendimiento de la hoja. Por otra parte, Gutierrez (2002), demostró que la acción combinada de microorganismos benéficos y productos bioactivos son una alternativa para mejorar la calidad nutricional en el cultivo, con la menor aplicación de productos fertilizantes inorgánicos.

Tabla 5.

Nivel de clorofila en la evaluación de mejoradores de suelo con fertilización mineral en el cultivo de tabaco (Nicotiana tabacum L.)

Tratamientos	Nivel de clorofila
Fertilización convencional	6,13 a b
Micorrizas	5,75 a b
Diatomeas	6,23 a
Microorganismos eficientes	6,00 a b
Testigo	3,92 b
CV:	31,96

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Al analizar el nivel de clorofila obtenido con la aplicación de los diferentes tratamientos, se nota que no existen diferencias estadísticas entre los mismos, sin embargo, el de mayor nivel corresponde a la fertilización convencional, seguido por el uso de Diatomeas, ME y micorrizas. Esta variable es un indicador del bienestar de la planta y de su índice de vegetación, permite establecer la absorción del nitrógeno ya que la clorofila en la hoja está estrechamente relacionada con la concentración de N y por lo tanto, refleja el estado nutricional con respecto a este importante nutriente (Rincón & Adolfo, 2010), razón por la cual explicaría porque la aplicación de la fertilización convencional alcanzó los niveles más altos. Es decir, la aplicación de dosis exactas de N exógeno, de acuerdo al requerimiento nutricional de la planta permiten una mayor absorción y asimilación. Por otra parte, para el caso del resto de tratamientos, estos pudieron haber favorecido la solubilización de N existente en el suelo y suplir las necesidades de la planta de tabaco; Una causa probable de las diferencias estadísticas entre los promedios (a y b) pueden asociarse a la dinámica del crecimiento propio de la planta (Rendón & Sadeghian, 2018), lo cual se puede corroborar al

observar al testigo, quien presenta un valor inferior al resto, por no tener una fuente nitrogenada.

El contenido de clorofila es importante de considerar ya que es un indicador de cosecha, cuando adquieren una coloración perceptible visualmente con amarillo a partir de los bordes hacia el centro, o también se puede establecer el momento de cosecha utilizando equipos medidores de la concentración de clorofila, esta estimación también se establece en unidad mol de clorofila por m² de hojas (Castro, 2021).

Tabla 6.

Peso fresco (gr) en la evaluación de mejoradores de suelo con fertilización mineral en el cultivo de tabaco (Nicotiana tabacum L.)

Tratamientos	Peso fresco (gr)
Fertilización convencional	1378,02 a b
Micorrizas	1585,38 a
Diatomeas	1615,78 a
Microorganismos eficientes	1583,46 a
Testigo	823,02 b
CV:	24,12

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El registro del peso fresco promedio, no muestra diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos siendo el mayor 1615.78 gramos, correspondiente al uso de Diatomeas. Sin embargo, todos mostraron ser de mayor peso, si comparados con el testigo cuyo valor es inferior a los mil gramos. Los resultados obtenidos son semejantes a los reportados por Pilaguano y Villavicencio (2024), donde evidencian que una fertilización orgánica dio valores más altos de peso fresco al ser comparados con los obtenidos al usar fertilización convencional.

Tabla 7.

Peso seco (gr) en la evaluación de mejoradores de suelo con fertilización mineral en el cultivo de tabaco (Nicotiana tabacum L.)

Tratamientos	Peso seco (gr)
Fertilización convencional	336,50 a



Micorrizas	365,18 a
Diatomeas	395,52 a
Microorganismos eficientes	382,28 a
Testigo	189,62 b
CV:	35,90

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La variable de peso seco no muestra diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, pero sus valores son mayores al testigo. Lo que concuerda con un ensayo realizado en el cantón la Maná, donde se evidencia que los tratamientos con cualquier fuente de nutrición, sea orgánica o inorgánica, mostraron un peso seco mayor que aquellas plantas sin ninguna aplicación (Pilaguano & Villavicencio, 2024). Considerando que La hoja representa alrededor de 42% de la materia seca total acumulada por la planta y es superior a tallos (32%) y raíces (26%) (Nilson, *et. al.*, 2008)

Tabla 8.

Porcentaje de humedad (%) en la evaluación de mejoradores de suelo con fertilización mineral en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.)

Tratamientos	Porcentaje de humedad (%)
Fertilización convencional	76,23 a
Micorrizas	77,60 a
Diatomeas	75,54 a
Microorganismos eficientes	76,08 a
Testigo	77,32 a
CV:	4,78

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

De acuerdo con la media de los resultados obtenidos del porcentaje de humedad, se concluye que no existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ni el testigo. Considerando que a cada tratamiento le fue suministrado la cantidad de agua necesaria, este sería un indicador de la presencia de una conductividad eléctrica adecuada, sin acumulaciones de sales que causen alguna retención de agua o competitividad por esta. Por otra parte, las interacciones suelo planta mostrarían ser las idóneas para un desarrollo y

exploración de raíces que permita una óptima absorción de agua que finalmente se traduce en buena movilidad de nutrientes y acumulación de humedad en sus follajes, considerando que las hojas de tabaco salen de la mayoría de los sectores de producción primaria, con un contenido de humedad del 13-16% por peso (CONDAIR, 2019).

Tabla 9.

Ph inicial en la evaluación de mejoradores de suelo con fertilización mineral en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum L.*)

Tratamientos	pH inicial	pH Final
Fertilización convencional	5,34 b	5,63 a
Micorrizas	5,27 b	5,84 a
Diatomeas	5,22 b	5,89 a
Microorganismos eficientes	5,14 b	5,96 a
Testigo	6,30 a	5,93 a
CV:	6,87	10,23

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Al comparar el ph inicial con el final se evidencia que la aplicación de cualquier tratamiento llevó a un incremento en el pH del suelo. Para el caso de las micorrizas, podría estar relacionado con el hecho que la planta provee al hongo de fotosintatos como glucosa y fructosa, que le proveen de la materia orgánica necesaria para su desarrollo (Verdugo, 2022), y con la actividad que ejercen los microorganismos en el proceso de mineralización de la materia orgánica, existe un proceso de variación en el pH (Cuenca *et al.*, 2007), pese a esto, dichos valores no limitan la disponibilidad de P, Mg y micronutrientes para el tabaco por lo que no afectan su proceso de asimilación de nutrientes, ya que el valor del pH óptimo para el cultivo de tabaco oscila entre los 5,5 y 6,5; valores en los cuales la mayoría de los elementos están disponibles sin limitaciones importantes (Nilson *et al.*, 2008). Por lo tanto, si entre estos tratamientos, no existieron diferencias estadísticas significativas, puede atribuirse al tipo de suelo, así como a las condiciones climáticas de la zona que influyen y generan cambios en las características químicas del mismo (Fabila *et al.*, 2013).

Tabla 11.



Conductividad eléctrica inicial en la evaluación de mejoradores de suelo con fertilización mineral en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum L.*)

Tratamientos	C. E inicial	C. Efinal
Fertilización convencional	403,42 a	435,24 a
Micorrizas	386,92 a	215,08 a
Diatomeas	250,42 a	369,32 a
Microorganismos eficientes	241,38 a	292,90 a
Testigo	292,66 a	204,96 a
CV:	63,07	79,81

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

La tabla 11, muestra que no existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, para la variable de conductividad eléctrica inicial y la final. Sin embargo, se observa que esta incrementó para el tratamiento con Fertilización convencional, Diatomeas, y ME al ser comparada con la C.E. inicial, lo que demuestra una mayor acumulación de sales pudiéndose atribuir esto, en el caso de las diatomeas a su gran contenido de silicio y a su mecanismo de acción (Soriano M. , 2018); mientras que en el caso de la fertilización inorgánica, la composición propia de su mezcla genera una acumulación de sales en el suelo, por lo tanto, según lo manifiesta Lora *et al.* (2020), el valor de conductividad eléctrica que presenta el suelo, influye en gran medida en el esfuerzo que tiene que realizar la raíz de la planta, para absorber los nutrientes de la solución de fertilizantes aportada. Por tanto, si se encuentra por encima del valor óptimo para el cultivo, la planta tendrá que esforzarse en mayor medida para extraer los nutrientes. Lo que conlleva un gasto adicional de energía que influirá negativamente en el rendimiento productivo (Colque *et al.*, 2021).

Tabla 12.

Rendimiento en la evaluación de mejoradores de suelo con fertilización mineral en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum L.*)

Tratamientos	Rendimiento
Fertilización convencional	1682,50 b
Micorrizas	1825,90 a b



Diatomeas	1977,60 a
Microorganismos eficientes	1911,40 a b
Testigo	948,10 c
CV:	12,76

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La variable de rendimiento muestra que el mayor valor se obtuvo con la aplicación de Diatomeas (1977,60 kg), mismo que no muestra diferencias estadísticas significativas del tratamiento con micorrizas (1825,90 kg) y microorganismos eficientes (1911,40 kg). seguido por la fertilización convencional (1682,50 kg) y que tampoco marca una diferencia estadística con los dos tratamientos mostrados anteriormente. Esto podría darse debido a que con la inoculación de micorrizas la fertilización se hace más eficiente debido además a la relación simbiótica que se establece entre los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y las raíces de las plantas (Cruz, et. al., 2014). Así también, los ME mejoran las condiciones del suelo y la eficacia del uso de la materia orgánica (Calero, et. al., 2018); aportando los nutrientes necesarios para la planta de tabaco tal como lo hace una fertilización convencional, de ahí que se explica porque no existió una diferencia marcada entre los tratamientos.

Discusión

Los resultados obtenidos permiten destacar la efectividad de los ME, que favorecen la fijación de nitrógeno y la actividad de bacterias de vida libre o en simbiosis permitiendo una mayor absorción de los nutrientes. Un mecanismo similar ocurre con el uso de micorrizas, estableciéndose una relación simbiótica entre estos hongos y las raíces de la planta de tabaco, permitiendo una mayor nutrición mineral que se traduce en crecimiento (Cruz et al., 2014). Se puede añadir también que, el mayor efecto de las micorrizas sobre las plantas es que aumenta y mejora la asimilación de nutrientes y de agua en las plantas. Esto se debe a que facilita una adecuada evapo-transpiración de la planta y un mejor funcionamiento fisiológico de éstas en sentido general, lo que favorece un mayor crecimiento y desarrollo foliar (Franco, 2016).

Por otra parte, la presencia y cantidad adecuada de estos micronutrientes en el suelo, favorecen una mejora absorción de los macronutrientes, ya sean los presentes en el suelo



como los agregados por fertilización exógena (Innoplant, 2020). Es así como, las diatomeas, en mezcla con fertilizantes químicos u orgánicos, suple los micronutrientes que la planta requiere para su desarrollo, lo que demuestra entonces, porque el tratamiento con fertilización convencional (nitrógeno, fósforo y potasio), alcanzó el mismo número de hojas que el resto de tratamientos, si comparados con el testigo, mismo que alcanzó un promedio de 8 hojas. De acuerdo con Calero, *et. al.*, (2018), el mayor número de hojas que presenta una planta, hasta cierto límite, porque un desbotonado demasiado alto (20 hojas) disminuye el peso individual de la hoja y el detrimento en la producción de rebrotes reduciendo significativamente el rendimiento agrícola total. Además, el uso de micorrizas provoca alteraciones morfológicas y anatómicas en las plantas colonizadas tales como: cambios en la relación tallo raíz, en la estructura de los tejidos radicales, en el número de cloroplastos, alteración de los balances hormonales entre otros. Efectos que no son sólo explicables, como una simple mejora nutritiva de la planta, debido al aumento de eficacia en la absorción de nutrientes por la raíz, gracias a la formación de la Micorriza, sino que, responde a cambios metabólicos más profundos y complejos, debidos a la integración fisiológica de los simbioses (Franco, 2016).

Conclusiones

Las variables evaluadas mostraron que la aplicación de Diatomeas, micorrizas o microorganismos eficientes, mostraron ser igual de eficientes que la fertilización convencional en cuanto a parámetros morfológicos y de desarrollo, mostrando mínimas variaciones en cuanto a número, longitud, ancho y diámetro de hojas.

En lo que a pH y Conductividad eléctrica se refiere, si bien estas están influenciadas por características propias del clima y del suelo, una aplicación correcta de estas enmiendas y microorganismos, favorecen a mantener equilibrados estos parámetros y así una movilización y absorción adecuada de los nutrientes, y una actividad óptima de los microorganismos del suelo; lo que se traduce en mayor disponibilidad de elementos nutricionales.



Los promedios de rendimientos más altos se obtuvieron con la aplicación de Diatomeas, Micorrizas y Microorganismos Eficientes, versus la fertilización convencional y el testigo; lo cual permite concluir su efectividad y además destaca el mantenimiento del suelo, minimizando su degradación, favoreciendo su recuperación, mantenimiento y la actividad microbiana del mismo.

Referencias bibliográficas

- Agrovitra. (2020). La gran importancia del Potasio en las plantas. Obtenido de <https://www.agrovitra.com/media/2022/12/Potasio-Fernanda-Habit.pdf>
- Aguilar, O., & Farfán, Y. (2022). Evaluación de dosis y frecuencias de agroquímicos en cacao para mantener la sanidad de las mazorcas en la época seca. Escuela Politecnica de las Fuerzas Armadas, Sto Domingo de los Tsachilas. Obtenido de <https://repositoriobe.espe.edu.ec/server/api/core/bitstreams/80120a5f-e20a-4bbe-a077-be5e56e95833/content>
- AGUIRRE , K. (2022). Efecto de la aplicación de un bioestimulante quelatado para mejorar el prendimiento de la mazorca de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao*), Cantón Naranjal Provincia Del Guayas. Universidad Agraria del Ecuador, Naranjal. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/AGUIRRE%20VILLAMAR%20KLEBER%20JAVIER.pdf>
- Alcivar, J., & Loor, M. (2016). Respuesta del cultivo de cacao (*theobroma cacao* l.) a la poda y fertilización orgánica y química. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí - Manuel Félix Lopez, Calceta. Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/461/1/TA57.pdf>
- Alvarado, C. (2016). Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica, en el rendimiento de un clon de cacao (*Theobroma cacao*, L) y en la fertilidad del suelo. Tecnológico de Costa Rica, San Carlos. Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9843/efecto_fertilizaci%C3%B3n_org%C3%A1nica_inorg%C3%A1nica_rendimiento_clon_cacao_%28theobro



ma%20cacao%2C%201%29%20_en_la_fertilidad_del_suelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- ANECACAO. (2020). Exportaciones de cacao . Obtenido de <http://www.anecacao.com/es/estadisticas/estadisticas-actuales.html>.
- Baglione, L. (Septiembre de 2011). Usos de la tierra diatomea. Técnicaña, 3. Obtenido de https://saltonverde.com/wp-content/uploads/2015/tec_no27_2011_p33-34.pdf
- Barrezuela, P. (2017). Estudio comparativo de la estructura elemental de materia orgánica de suelo y mantillo cultivados de cacao en El Oro, Ecuador. Revista científica Agroecosistemas, 5(1), 52-62.
- Borrero, A. (2009). FERTILIZACION DEL CULTIVO DE CACAO EN SITIO DEFINITIVO. San José del Guaviare. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/FERTILIZACION_DEL_CULTIVO_DE_CACAO_EN_SITIO_DEFINITIVO.pdf
- Calero, A., Quintero, E., Perez, Y., Oliviera, D., & Peña, K. (2018). Influencia de dos bioestimulantes en el comportamiento agrícola del cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). Universidad Nacional de Colombia, Colombia. doi:<https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v8n1.73546>
- Castro, J. (2021). Manejo agronómico del cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*), y su valor agregado en el Ecuador. Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo. Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/10267/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000337.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Collahuazo, L. (2019). La producción del cacao y su incidencia en la economía del Ecuador, período 2013-2017. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/45672/1/T-COLLAHUAZO%20INGUILLAY%20LUIS%20MIGUEL.pdf>
- Colque , R., Romaniuk, R., Arias , P., & Castiglioni, M. (2021). Rotación de cultivos en la producción de tabaco:efecto sobre algunas propiedades edáficas. Ciencia suelo-Argentina, 127-143. Obtenido de



- COLQUE+et+al.ROTACIÓN+DE+CULTIVOS+EN+LA+PRODUCCIÓN+DE+TABACO+_EFECTO+SOBRE+ALGUNAS+PROPIEDADES+EDÁFICAS.pdf
- CONDAIR. (2019). Razones para humidificar para la producción de tabaco. Canadá. Obtenido de <https://www.condair.uy/m/0/17-803s-why-humidify-for-tobacco-brochure-spanish.pdf>
- Cruz, Y., García, M., León, Y., & Acosta, Y. (2014). Influencia de la aplicación de micorrizas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 35(1), 5. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n1/ctr03114.pdf>
- Cuenca, G., Cáceres, A., Oirdobro, G., Hasmy, Z., & Urdaneta, C. (2007). Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. *Interciencia*, 31(1), 23-29. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33932104.pdf>
- Fabila, L., Adame, S., & Serrato, R. (2013). Efecto de la tierra de diatomeas en las propiedades químicas del suelo en el cultivo de maíz. *DIALNET*, 13-26. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5344981>
- Figueroa, O. (2012). Análisis de suelos y fertilización en el cultivo de cacao. Perú. Obtenido de <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/010-b-cacao.pdf>
- Franco, J. (2016). Efectos beneficiosos de las micorrizas sobre las plantas. *Bioscripts*. Obtenido de https://ciaorganico.net/documypublic/200_infoagronomo.net_Micorrizas-beneficios.pdf
- García, L. (2017). El ciclo global del nitrógeno. Una visión para el ecólogo terrestre. *Ecosistemas*, 4-6. doi:<https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-1.02>
- Gil Reyes, N. (2018). “Efectos de la aplicación edáfica de potasio y boro, en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), sobre el desarrollo y rendimiento de la mazorca en la zona de Pueblo Viejo.”. Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo. Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5038/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000121.pdf;jsessionid=06ED19E3459887063D1D258EC3F86EEC?sequence=1>

- Gonzalez , K., Ruiz, J., & Bocca, F. (2009). Valoración económica y financiera de la sustitución de cultivos de cacao Nacional por un tipo de Clon de cacao denominado CCN-51 . Caso Finca San Miguel. ESPOL, Guayaquil. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7887/1/Valoraci%C3%B3n%20Econ%C3%B3mica%20y%20Financiera%20de%20la%20Sustituci%C3%B3n%20de%20Cultivos%20de%20Cacao.pdf>
- Gutierrez, M. (2002). Estudio de los extractos de Tabaco y las metodologías de extracción. Bogotá. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/55861/TABACO.pdf>
- Innoplant. (2020). Ensayo para la mejora de estreses abióticos y bióticos con tierra de diatomeas. Huerón. Obtenido de https://www.ecotierradediatomeas.es/wp-content/uploads/2020/06/Informe_Eco_Tierra_de_Diatomeas.pdf?srsltid=AfmBOoPgVH4bBd_6X4giHBKHO2OUpWgTPQRF0p7pX6PiRmkzLpMDbiqK
- Kant, S., & Kafafi, U. (2015). Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos. The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem. Obtenido de <https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/Sesion%20V.pdf>
- López, R., Villavicencio , E., Ramírez, J., & Murillo, B. (2015). Macronutrientes en suelos de desierto con potencial agrícola. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57321304.pdf>
- Lora, M., López, F., & Pérez , C. (2020). Algas de Cristal; diatomeas. Recursos Naturales y Sociedad, 25-42. doi:<https://doi.org/10.18846/renaysoc.2020.06.06.01.0003>
- Mancheno, R. (2016). Determinar las curvas de extracción de nutrientes en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*), variedad connecticut 207 en la tabacalera la meca S.A. (Tabamesa) en el año 2016. Cevallos - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7bfc6536-24cf-4e05-b694-c2ad592e37d6/content>
- Mendoza, F., & Álvarez, J. (2013). Evaluación de la cosecha inicial de cuatro clones de cacao (*Theobroma cacao L.*), en Asociación Con Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana F.*) Y TECA (*Tectona grandis L.*). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo.



Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/33bd0717-b430-4b67-a800-f11624cf1df6/content>

Molina, K., & Romero, F. (2023). Evaluación de dos tipos de trampas y dos atrayentes para la captura de broca (*Hypothenemus hampei*) en el cultivo de café. La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/10098/1/UTC-PIM-000624.pdf>

Morocho, T., & Leiva, M. (2019). Microorganismos ecientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. Centro Agrícola, 46, 93-103. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-93.pdf>

Nilson, M., Plaza, G., & Rojas, J. (2008). Evaluación técnica y económica de alternativas de fertilización en tabaco Virginia (*Nicotiana tabacum*) en la región García Rovira, Santander (Colombia). Agronomía Colombiana, 505,515. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180314731016.pdf>

Pérez, D., & Zorrilla, J. (2017). Biofungicidas para el control de moniliasis en el cultivo de *Theobroma cacao* L. CLON 575 En La Espam Mfl. ESPAM, Calceta. Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/537/1/TA64.pdf>

Pilaguano, D., & Villavicencio, A. (2024). “Producción del cultivo de tabaco (*nicotiana tabacum* l.) en época lluviosa y seca con diferentes tipos de fertilización”. La Maná. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/73ead4b7-1517-4e12-8a4a-2ad33f9096fc/content>

Pinargote, J. (2015). Comportamiento productivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 ante diferentes formulaciones de fertilización. Quevedo, 2014. UTEQ, Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/624e4290-ae58-4906-94ec-f4f2be3fd4ee/content>

Puentes, Y., Menjivar, J., & Aranzazu, F. (2014). Eficiencias en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Bioagro, 26. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612014000200004

Ramos, R., Sotomayor, K., & Amores, F. (2020). Adaptación de clones de cacao (*theobroma cacao* l.) Tipo nacional en el piedemonte de Guasaganda, Cotopaxi, Ecuador. Alternativas, 21(3). doi:<http://dx.doi.org/10.23878/alternativas.v21i3.336>



- Rendón, J., & Sadeghian, S. (2018). Aplicación de índices espectrales para identificar necesidades de fertilización nitrogenada en café. *cenicafé*, 7-15. Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc069%2801%29007-015.pdf>
- Rincón, Á., & Adolfo, G. (2010). Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el Piedemonte Llanero colombiano. *CORPOICA - Ciencia y Tecnología Agorpecuaria*, 11(2), 122-128. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945029003.pdf>
- Rosado, A. (2023). Efecto de dos tipos de fertilización edáfica y foliar en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) en El Cantón Naranjal. Universidad Agraria Del Ecuador, Guayaquil. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ROSADO%20ROMERO%20ARIEL%20ALEXANDER.pdf>
- Solis, K., Peñaherrera, S., & Vera, D. (2021). Las enfermedades del cacao y buenas prácticas agronómicas para su manejo .
- Soriano, M. (2018). Conductividad eléctrica del suelo. Valencia: Universitat Politècnica de València. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/105110/Soriano%20-%20Conductividad%20el%C3%A9ctrica%20del%20suelo.pdf?sequence=1> Allowed=y
- Soriano, R. (2020). “Descripción de las propiedades insecticidas en el aspecto agrícola. Tesis, Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8197/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000227.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tuesta, Á., Trigozo, E., Cayotopa, J., Arévalo, E., Arévalo, C., Zúñiga, L., & Leon, B. (2017). Optimización de la fertilización orgánica e inorgánica del cacao (*Theobroma Cacao L.*) con la inclusión de *Trichoderma* endófito y Micorrizas arbusculares. *Tecnología en marcha*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/6998/699878533008.pdf>
- Uribe, A., Mendez, H., & Mantilla, J. (1998). Efecto de niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en la producción de cacao en Colombia. *Suelos Ecuatoriales*(28). Obtenido de <chrome->



[extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/19_Fertilizacion_del_cacao.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/19_Fertilizacion_del_cacao.pdf)

Vélez , N. (2018). “Evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar a las aplicaciones de Azufre (S) y Magnesio (Mg) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos”. Universidad Técnica Estatal De Quevedo , Quevedo. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ddf1bcef-3199-4384-90bb-8aac18a8e304/content

Verdugo, C. (2022). Micorrizas aplicadas en agricultura: una alternativa. Nueva León. Obtenido de https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/15612/Verdugo_Arranz_Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y



Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

