



Efecto combinado de tierra de diatomeas y bioestimulantes en el rendimiento y rentabilidad del maní

Combined Effect of Diatomaceous Earth and Biostimulants on Peanut Yield and Profitability

Bravo-Sánchez, Alberto Kevin¹

Del-Valle-Zambrano, Cristhian Fernando¹

Guillén-Mendoza, Saskia Valeria¹

Alcívar-Medina, Kelvin Damian¹

Tarazona-Meza, Néstor Leopoldo¹

Cedeño-García, Galo Alexander^{1*}

¹Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador

Recibido: 14 Feb. 2026 | **Aceptado:** 29 May. 2026 | **Publicado:** 20 Jul. 2026

Autor de correspondencia*: gcedeno@espam.edu.ec

Cómo citar este artículo: Bravo-Sánchez, A. K., Del Valle-Zambrano, C. F., Guillén-Mendoza, S. V., Alcívar-Medina, K. D., Tarazona-Meza, N. L. & Cedeño-García, G. A. (2026). Efecto combinado de tierra de diatomeas y bioestimulantes en el rendimiento y rentabilidad del maní. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 6(2), e1530. <https://doi.org/10.51252/raa.v6i2.1530>

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la bioestimulación y tierra de diatomea en el rendimiento y rentabilidad del maní. La investigación se desarrolló durante las temporadas lluviosas 2023 y 2024, en el valle del río Carrizal, provincia de Manabí, Ecuador. Se evaluaron dos tratamientos que fueron: Bioestimulación + tierra de diatomeas (TD+BIO) y tratamiento control. Las principales variables registradas fueron rendimiento de vainas, rendimiento de granos, índice de clorofila SPAD, contenido relativo de agua en la hoja (CRA), peso foliar específico (PFE) y rentabilidad económica. Los datos fueron analizados con prueba estadística de t de Student para muestras independientes. El tratamiento con TD+BIO afectó significativamente ($p < 0.05$) las variables analizadas. La aplicación de TD+BIO en promedio aumento el rendimiento de vainas (+22.61%), rendimiento de granos (+22.14%), el índice de clorofila SPAD (+14.97%), el CRA (+13.63%) y PFE (+22.97%), con relación al tratamiento control. La rentabilidad económica con la aplicación combinada de TD+BIO en promedio fue incrementada en un 32.97% con respecto al tratamiento control. El uso de tierra de diatomeas y bioestimulantes en el cultivo de maní se presenta como una alternativa viable tanto desde el punto de vista productivo como económico.

Palabras clave: arachis hypogaea; beneficio económico; bioactivadores; diatomita; productividad

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of biostimulation and diatomaceous earth on peanut yield and profitability. The research was conducted during the rainy seasons of 2023 and 2024 in the Carrizal River valley, Manabí province, Ecuador. Two treatments were evaluated: Biostimulation + diatomaceous earth (DE+BIO) and control treatment. The main variables recorded were pod yield, grain yield, SPAD chlorophyll index, relative leaf water content (RWC), specific leaf weight (SLW), and economic profitability. The data were analyzed using Student's t-test for independent samples. Treatment with DE+BIO significantly affected ($p < 0.05$) the variables analyzed. The application of DE+BIO increased pod yield (+22.61%), grain yield (+22.14%), SPAD chlorophyll index (+14.97%), RWC (+13.63%) and SLW (+22.97%) on average, compared to the control treatment. The economic profitability with the combined application of DE+BIO was increased by an average of 32.97% compared to the control treatment. The use of diatomaceous earth and biostimulants in peanut cultivation is presented as a viable alternative from both a productive and economic point of view.

Keywords: arachis hypogaea; economic benefit; bioactivators; diatomite; productivity



1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.) es fundamental para la seguridad alimentaria debido a su alto valor nutricional, desarrollo económico local y como materia prima en procesos industriales (Gelaye & Luo, 2024). Además, su producción proporciona empleo e ingresos a millones de agricultores, especialmente de países en desarrollo. Desde el punto de vista ecológico, el maní también contribuye a la salud del suelo al fijar nitrógeno, lo que favorece los sistemas de cultivo sostenible (Akram et al., 2018; Neves et al., 2023).

En Ecuador, se cultivan aproximadamente entre 15000 a 20000 hectáreas, principalmente en las provincias de Manabí, Loja, El Oro y Guayas, bajo sistemas de producción en secano, con rendimientos promedio de entre 800 a 1000 kg ha⁻¹ en cáscara (Burgos et al., 2022; Matailo Ramirez et al., 2023; Saldarriaga Lucas et al., 2021; Zambrano Montesdeoca et al., 2024). La baja productividad es la principal problemática del cultivo de maní en Ecuador, lo cual es debido a una combinación de factores agronómicos, tecnológicos y climáticos.

Entre los principales se encuentran la degradación de los suelos, el uso limitado de tecnologías, la baja calidad de la semilla, deficiente infraestructura de riego. Además, las condiciones climáticas variables y la limitada inversión en investigación y desarrollo agrícola dificultan la mejora de los rendimientos (INEC, 2024; Matailo Ramirez et al., 2023; Saldarriaga Lucas et al., 2021; Vera-Cruz et al., 2023; Zambrano Montesdeoca et al., 2024). La quema de rastrojos como práctica de preparación del suelo se registra en una proporción elevada de la superficie sembrada con cultivos transitorios, alcanzando el 82,9% en maní y el 81,8% en maíz duro seco, con efectos negativos sobre la materia orgánica del suelo y la generación de gases de efecto invernadero (INEC, 2024).

La quema de residuos, destruye la materia orgánica que cumple un papel clave en la fertilidad y estructura del suelo. Además, elimina microorganismos benéficos, altera la composición química y reduce la capacidad del suelo para retener humedad y nutrientes (Arunrat et al., 2024; Reddy & Chhabra, 2022). Cuando se reduce el contenido de materia orgánica, el suelo se vuelve más compacto y menos poroso, lo que disminuye su capacidad para absorber y conservar la humedad, dejando menos agua disponible para las raíces de las plantas. Como resultado, los cultivos enfrentan condiciones de sequía incluso en periodos de lluvia moderada, lo que afecta su crecimiento, productividad y resistencia frente a otros factores de estrés ambiental (Abdelraouf & Mourad, 2023; Lin et al., 2022).

Sumado a lo anterior, las sequías repentinas que son periodos breves pero intensos de falta de agua que pueden ocurrir de manera inesperada durante la temporada de lluvias (Goswami & Gallant, 2025). En el caso del maní, estas interrupciones bruscas en la disponibilidad de humedad afectan negativamente su desarrollo, ya que el cultivo es especialmente sensible a la falta de agua durante la floración y formación de vainas. La ausencia de humedad suficiente reduce la fotosíntesis, limita la absorción de nutrientes y provoca estrés hídrico, lo que resulta en una disminución del rendimiento y calidad de la cosecha (Puppala et al., 2023).

En este sentido el uso de bioestimulantes y tierra de diatomeas han sido propuestos como tecnologías para fortalecer el desempeño agronómico, fisiológico, nutricional de cultivos en las actuales condiciones adversas que generan condiciones de estrés (Kamaleshwaran & Elayaraja, 2024; Khudaykulov et al., 2021). De acuerdo a (Zulfiqar et al., 2024) definen los bioestimulantes como sustancias y/o microorganismos aplicados a plantas, semillas o medios de cultivo con el objetivo de estimular procesos fisiológicos naturales que mejoren la eficiencia en el uso de nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico, los rasgos de calidad y la disponibilidad de nutrientes confinados en el suelo o la rizosfera, independientemente del contenido de nutrientes del producto.

Por su parte, la tierra de diatomea, también conocida como diatomita, es una sustancia en polvo compuesta por los esqueletos fosilizados de varios fitopláctones unicelulares marinos y de agua dulce, especialmente

diatomeas y otras especies algales, que se depositaron durante millones de años. Cuando se aplica de manera foliar protegen a las plantas contra el estrés biótico y abióticos, actuando como protectores y fortalecedores de plantas, pero cuando se aplican al suelo o raíces, estimulan el desarrollo de las raíces y mejoran las características del suelo (Dhanker et al., 2024; Zeni et al., 2021).

Investigaciones recientes en maní, han determinado que el uso de bioestimulantes, promueven mejoras significativas en el crecimiento y rendimiento de vainas, bajo condiciones de estrés, como sequías o suelos pobres, al estimular procesos fisiológicos naturales que aumentan la absorción de nutrientes y la eficiencia fotosintética (Aninbon et al., 2024; Qotb et al., 2025; Zheng et al., 2023). Por otra parte, de acuerdo a varios investigadores, el uso de tierra de diatomeas en los cultivos ofrece múltiples ventajas agronómicas y ecológicas. Actúa como un insecticida natural de amplio espectro, eliminando plagas por un mecanismo físico que no genera resistencia ni deja residuos tóxicos.

Además, contribuye a mejorar la estructura del suelo, al aumentar su porosidad, retención de humedad y aireación, favoreciendo el desarrollo radicular. Su contenido en sílice y otros micronutrientes esenciales contribuye al fortalecimiento de las plantas, mejorando su crecimiento, rendimiento y tolerancia al estrés abiótico, como sequías o suelos pobres (Ammar & Hanafy, 2024; Apáez-Barrios et al., 2023; Escobar et al., 2014).

De acuerdo a lo descrito, existe limitada información en cuanto al uso combinado de bioestimulantes y tierra de en maní, por lo que se desconoce en qué medida su aplicación puede contribuir a mejorar el rendimiento y rentabilidad del cultivo, y por ende a generar dominios de recomendaciones para los agricultores. Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la bioestimulación y tierra de diatomeas en el rendimiento y rentabilidad del maní.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización

El experimento se desarrolló durante las temporadas lluviosas 2023 y 2024, en el campus experimental de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, localizada en Bolívar, Manabí, Ecuador. El sitio experimental se ubicó geográficamente en las coordenadas $0^{\circ}49'23''\text{S}$ y $80^{\circ}11'01''\text{W}$, a una altitud de 15 m.s.n.m., con temperatura y precipitación promedio anual de 26.1°C y 1003.8 mm, respectivamente. En la **Figura 1**, se ilustra el diagrama ombrotérmico de las temporadas lluviosas 2023 y 2024.

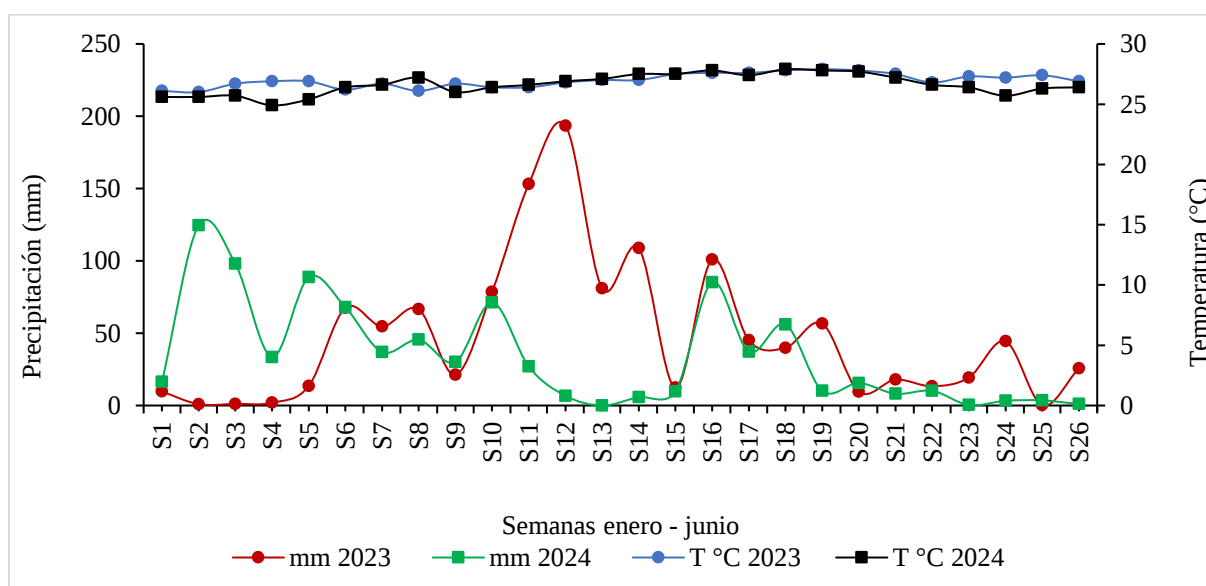


Figura 1. Diagrama ombrotérmico de las temporadas lluviosas enero - junio 2023 y 2024. Bolívar, Manabí, Ecuador

2.2. Tratamientos, diseño y análisis de datos

Se evaluaron dos tratamientos que fueron: T1) Aplicación de tierra de diatomeas + bioestimulación (TD+BIO) y T2) tratamiento control. Cada tratamiento se conformó de 10 parcelas experimentales de 25 m². La distancia de siembra fue de 0.50 m entre hileras y 0.20 m entre sitio de siembra, donde se colocó dos plantas por sitio, que produjo una densidad de 200.000 plantas ha⁻¹. Como material de siembra se utilizó la variedad de maní INIAP 382-caramelo de grano tipo Runner.

El efecto entre tratamientos fue analizado con la prueba de t de Student para muestras independientes. Se probaron la hipótesis nula $H_0: T_1 = T_2$ y alternativa $H_1: T_1 \neq T_2$, con un nivel de significancia del 5% de probabilidades de error. El cálculo del estadístico t se realizó mediante la ecuación [1].

$$t_{cal} = \frac{[\bar{x}_1 - \bar{x}_2]}{\sqrt{\frac{s_{x1}^2}{n_1} + \frac{s_{x2}^2}{n_2}}} \quad [1]$$

Dónde:

t_{cal} = Estadístico

$\bar{x}_1$ = Media del tratamiento 1 (TD+BIO)

$\bar{x}_2$ = Media del tratamiento 2 (control)

s_{x1}^2 = Varianza del grupo 1

s_{x2}^2 = Varianza del grupo 2

n_1 = Tamaño de la muestra 1

n_2 = Tamaño de la muestra 2

Los grados de libertad (GL) se calcularon mediante la formula: $GL = n_1 + n_2 - 2$

2.3. Aplicación de tratamientos

Se realizaron cuatro aplicaciones combinadas de tierra de diatomeas y bioestimulantes. Las primeras dos aplicaciones se realizaron en drench dirigido al suelo, en los estados fenológicos V2 y V6. En cada aplicación en drench se colocó una dosis de 10 kg ha⁻¹ de tierra de diatomeas y 10 kg ha⁻¹ de un biofertilizante soluble. Cada aplicación se realizó con un volumen total de agua de 1.000 litros (5 tanques de 200 litros), colocando de esta solución 10 mL por sitio de siembra. La mezcla de tierra de diatomeas y biofertilizante se realizó en tanques de 200 litros, donde se colocó 2 kg de tierra de diatomeas y 2 kg del biofertilizante. Para la aplicación en drench, se utilizó un pulverizador dorsal de mochila marca Guarany modelo SP, con regulación ajustable a dosis de entre 10 y 100 mL.

Las restantes dos aplicaciones se las realizó de manera foliar en los estados fenológicos R1 y R4. En este caso las dosis de aplicación fueron de 2 kg ha⁻¹ de tierra de diatomeas + 2 litros ha⁻¹ de extracto de alga *Ascophyllum nodosum*. Estas aplicaciones se hicieron con un volumen total de agua por hectárea de 200 litros de agua, previa calibración.

2.4. Características de la tierra de diatomeas y bioestimulantes utilizados

La tierra de diatomeas utilizada es un polvo fino blanco, con una granulometría Malla 400 A.S.T.M, pH de 6.73, CIC de 0.80 meq/100 g, solubilidad de 50 g/L, densidad aparente de 0.39 g/cm³, conductividad eléctrica de 934 µS/cm y una carga mineral compuesta de 98% de Silicio (SiO₂) y 2% de oligoelementos.

El biofertilizante aplicado al suelo se compone de 23% de NPK, 8% de sustancia de ácido polimérico (PAS), 5% de potasio fúlvico, 4% de extracto de algas, 4% de fermentos solubles de melaza, 2.5% ácido poliglutámico, 1% de ácido poliaspártico, 1% de amino-oligosacarina, 1% de quitina, 1% de proteína

hidrolizada de pescado, 0.5% de oligoelementos y 0.5% de cepas de *Bacillus cereus* y *B. subtiles*.

El bioestimulante foliar utilizado, fue un producto comercial que contiene 99.65% de extracto puro de *Ascophyllum nodosum* procedente de mar del norte.

2.5. Registro de variables respuesta

Se registro el número y longitud de ramas al momento de la cosecha, para lo cual se tomaron ala azar cinco plantas del centro de la unidad experimental, se realizó el conteo de ramas por planta y la longitud de rama desde la base hasta el ápice, lo cual se registró en cm con ayuda de una cinta métrica. Los componentes de rendimiento como número de vainas por planta, peso de vainas y granos por planta se registró 15 días después de la cosecha, debido a que al momento de la cosecha aún se presenta alta humedad de grano y tierra adherida a las vainas. Para este fin, las plantas se cosechan y se voltean para que se sequen con el sol. De esta manera, la tierra adherida a las vainas se desprenda fácilmente y se facilite el posterior desgrane.

Estas variables se registraron en las mismas cinco plantas donde se registró el número de ramas. Una vez realizado el conteo de vainas comerciales por planta (aquellas que tengan granos bien formados), se procedió a registrar el peso de vainas y granos en g, con ayuda de una balanza analítica de precisión. Para el cálculo del rendimiento de vainas y granos por hectárea, se tomaron plantas procedentes de un área de 2 m² del centro de la parcela, las cuales se despican y se desgranaron para registrar el peso de vainas y granos, y la respectiva humedad de grano de esta área conocida. Con estos datos se estimó el rendimiento por hectárea (kg ha⁻¹), utilizando la ecuación [2] para uniformizar la humedad de grano usada a nivel comercial.

$$PU (14\%) = \frac{P_a (100 - H_a)}{100 - H_d} \quad [2]$$

Donde:

PU = peso uniformizado, P_a = peso actual (kg), H_a = humedad actual de grano (%), H_d = humedad de grano deseada (14 %).

Los rasgos morfo-fisiológico como índice de clorofila SPAD, contenido relativo de agua en la hoja (CRA%) y peso foliar específico (PFE), fueron registrados a los 90 días después de la siembra, en pleno llenado de grano, entre las 09:00 horas y 11:00 horas. El índice de clorofila SPAD fue medido con el clorofilímetro SPAD 502 plus marca Konica Minolta. El contenido relativo de agua (CRA%) y el peso foliar específico (PFE) fueron estimados de acuerdo a la metodología de Boontang et al. (2013).

Se colectaron hojas completamente desarrolladas procedentes de los segundos nudos desde la parte superior de los tallos principales, se colocaron en bolsas de plástico sellables en un baño de hielo y se llevaron inmediatamente al laboratorio. Se pesaron las muestras de hojas en balanza analítica de precisión y se registró el peso fresco. Luego de esto, se colocaron en agua destilada a 20 °C durante 8 h hasta que se saturaron, y luego se determinó el peso de las hojas saturadas o turgentes. A continuación, las hojas se secaron a 80 °C durante 48 h y se determinó el peso seco. El área de las hojas fue estimada con la relación área por peso de fragmentos de hoja de 2 x 2 cm. Luego de esto, el PFE (mg cm⁻²) fue estimado con la ecuación [3]:

$$PFE = \frac{\text{peso seco de hojas (mg)}}{\text{área de la hoja (cm}^2\text{)}} \quad [3]$$

El contenido relativo de agua en la hoja (%) fue estimado con la ecuación [4]:

$$CRA (\%) = \left[\frac{\text{Peso fresco} - \text{Peso seco}}{\text{Peso saturado} - \text{Peso seco}} \right] \times 100 \quad [4]$$

2.6. Análisis económico

La rentabilidad económica de los tratamientos se determinó con las expresiones algebraicas aplicadas por (Ayvar-Serna et al., 2020), basados en la teoría económica, donde el Costo total (CT) se obtuvo de sumar los costos fijos (CF) más costos variables (CV), ($CT = CF + CV$). Para estimar el ingreso total (IT) se calculó el ingreso obtenido por la venta de la producción de maní, empleando la fórmula: $IT = PV \times Ren$, donde: PV es el precio de venta del producto (\$US kg^{-1} de grano), y Ren es el rendimiento por hectárea ($kg\ ha^{-1}$). El ingreso neto (IN) resultó de restar el ingreso total menos el costo total ($IN = IT - CT$). La Ganancia por dólar invertido (GDI) se obtuvo dividiendo el ingreso neto entre el costo total ($GDI = IN/CT$).

2.7. Manejo agronómico del experimento

Las semillas previo a la siembra fueron tratadas con el insecticida co-formulado con Imidacloprid + Thiodicarb, en dosis de 25 mL kg^{-1} de semilla. En ambas temporadas de siembra se presentó ataque de gusano cogollero (*Stegasta bosqueella*) en etapa de floración, por lo que fue necesario hacer controles con el insecticida Spinetoram, en dosis de 0.1 L ha^{-1} y 15 días después se repitió el control con el insecticida comercial co-formulado a base de Tiamethoxam + Lambdaihalotrina, en dosis de 0.3 L ha^{-1} . También se presentó ataques tempranos de cutzu (*Phyllophaga sp*) por lo que fue necesario realizar una aplicación en drench del insecticida Benfuracarb, en dosis de 1.0 L ha^{-1} .

Para el control de arvenses en pre-emergencia, se aplicó los herbicidas Pendimetalin + Linuron en dosis de 2.5 y 1.0 L ha^{-1} de cada producto, respectivamente. Para el control de arvenses en pos-emergencia se realizó con los herbicidas selectivos Imazetapyr + Haloxifop, en dosis de 1.0 L ha^{-1} de cada producto.

La fertilización se realizó con un fertilizante comercial de mezcla química, en dosis de 300 $kg\ ha^{-1}$. La composición del fertilizante fue de 15% de N, 5% de P_2O_5 , 20% de K_2O , 2% de MgO, 0.5% de B, 0.02% de Fe y 0.02% de Zn. Esta fórmula de fertilización se la decidió en función del análisis químico inicial del suelo, que presentó bajo contenido de N (20 ppm), alto de P (45 ppm) y medio de potasio (0.4 meq/100g). La fertilización se la realizó en dos fracciones, la primera en etapa fenológica de emergencia (VE) y la segunda previa a la floración (R1).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables de crecimiento como número de ramas por planta y longitud de ramas, fueron influenciadas de forma significativa ($p < 0.05$) por la aplicación combinada de tierra de diatomeas y bioestimulantes (TD+BIO) en ambas temporadas de siembra 2023 y 2024 (Figuras 2A y 2B).

La aplicación de TD+BIO logró un incremento del 21.60 y 9.20% en el número de ramas por plantas, con respecto al tratamiento control, en los años 2023 y 2024, respectivamente (Figura 2 A). De forma similar ocurrió para la longitud de ramas, donde el tratamiento de TD+BIO logró incrementos del 12.68 y 10.22% sobre el tratamiento control, en las temporadas 2023 y 2024, respectivamente (Figura 2 B).

Los componentes de rendimiento como producción de vainas por planta, peso de vainas y granos por planta, fueron influenciados de forma significativa ($p < 0.05$) por la aplicación combinada de TD+BIO en ambos ciclos productivos 2023 y 2024 (Figura 3 A, B y C). La producción de vainas por planta fue incrementada en un 9.54 y 27.12% bajo el efecto de TD+BIO, con respecto al tratamiento control en las temporadas 2023 y 2024, en su orden respectivo (Figura 3 A). El peso de vainas por planta fue mejorado de forma significativa ($p < 0.05$) por el uso de TD+BIO, con aumentos del 11.57 y 25.40% para los años 2023 y 2024, con relación al tratamiento control, respectivamente (Figura 3 B). De manera similar ocurrió para el peso de granos por planta, donde la aplicación combinada de TD+BIO logró un incremento significativo ($p < 0.05$) del 21.76 y 29.90% con respecto al tratamiento control, en los ciclos 2023 y 2024, respectivamente (Figura 3 C).

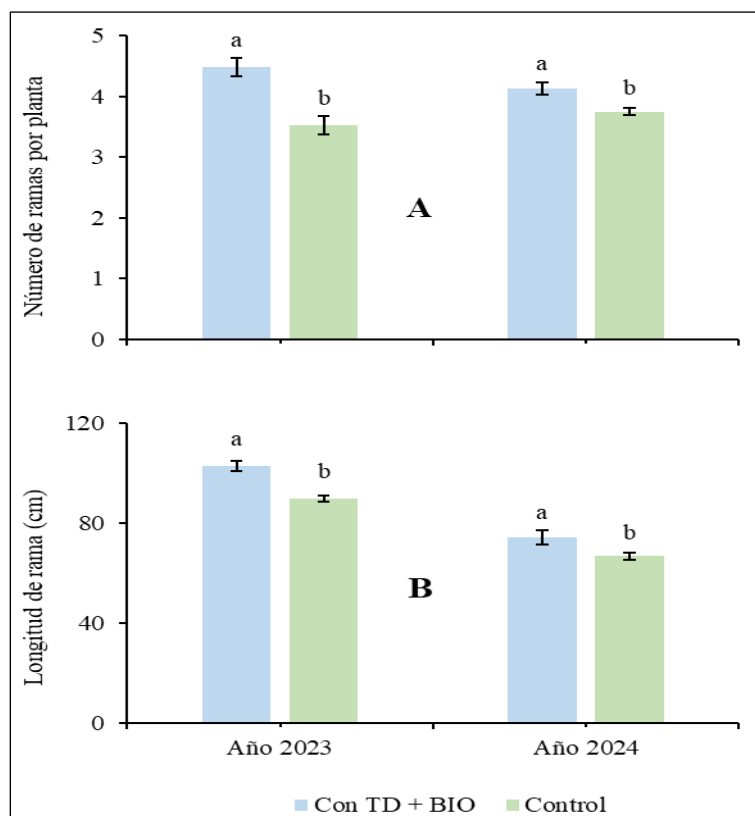


Figura 2. Efecto de la tierra de diatomea y bioestimulación, en la producción de ramas por plantas en maní.

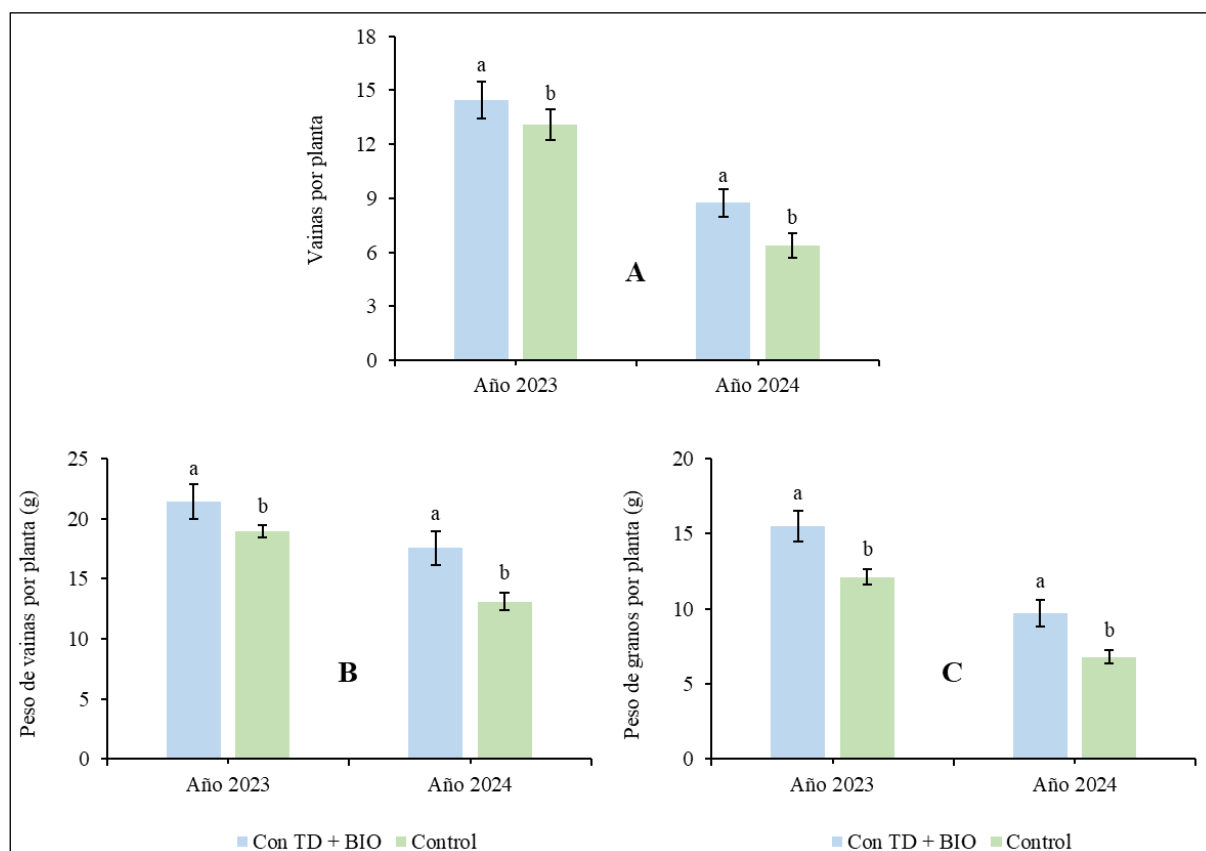


Figura 3. Efecto de la tierra de diatomea y bioestimulación en la producción de vainas por planta, peso de vainas y granos por planta.

El rendimiento de vainas y granos fue afectado significativamente ($p < 0.05$) por el tratamiento de TD+BIO en ambos periodos evaluados 2023 y 2024 (Figura 4 A y B). El tratamiento de TD+BIO produjo un aumento en rendimiento de vainas de 656.89 y 720.45 kg ha⁻¹, con relación al tratamiento control, en los años 2023 y 2024, lo cual significó un incremento porcentual del 19.58 y 25.64%, respectivamente (Figura 4 A). El rendimiento de grano también fue favorecido por el efecto combinado de TD+BIO, con incrementos del 394.44 y 426.37 kg ha⁻¹, en los respectivos años 2023 y 2024. Lo anterior significó un aumento porcentual del 16.91 y 27.38% sobre el tratamiento control, respectivamente (Figura 4 B).

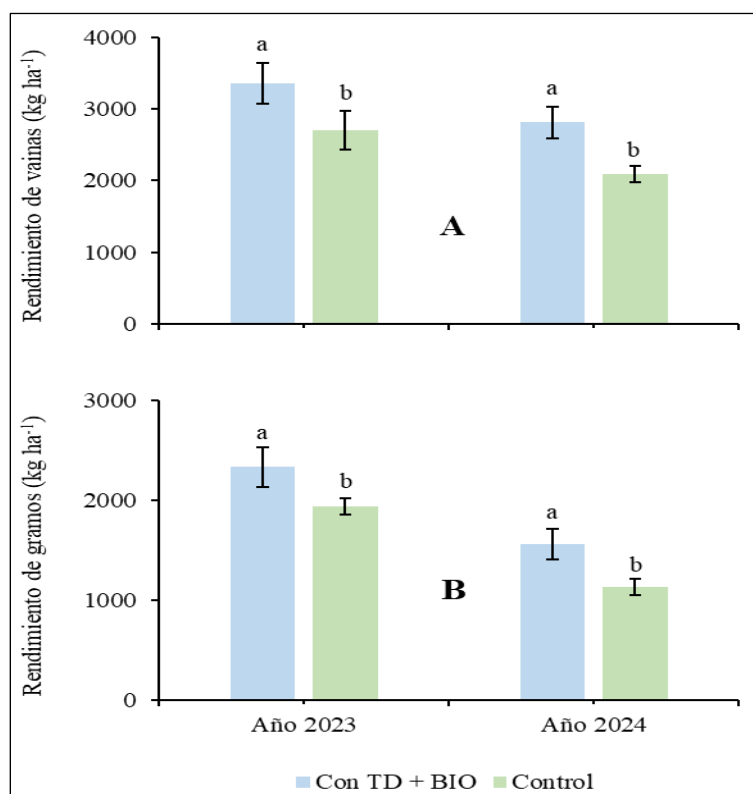


Figura 4. Efecto de la tierra de diatomea y bioestimulación en el rendimiento de vainas y granos.

Los rasgos fisiológicos como índice de clorofila SPAD, el contenido de relativo de agua en la hoja (CRA) y peso foliar específico (PFE), fueron afectados de forma significativa ($p < 0.05$) por el efecto de la TD+BIO, en ambas temporadas de siembra evaluadas 2023 y 2024 (Figura 5 A y B). El índice de clorofila fue aumentado en un 10.64 y 19.30% por efecto de la aplicación de TD+BIO, con respecto al tratamiento control, en las temporadas 2023 y 2024, respectivamente (Figura 5 A). Esta misma tendencia se dio para el contenido relativo de agua en la hoja, donde el tratamiento con TD+BIO mantuvo mayores valores de agua en la hoja, con aumentos del 7.04 y 20.22% sobre el tratamiento control, en los respectivos años 2023 y 2024 (Figura 5 B). De la misma forma ocurrió para el peso foliar específico, donde en el año 2023, el tratamiento de TD+BIO aumentó este rasgo en un 22.27% con respecto al tratamiento control, mientras que, para el año 2024, el PFE fue aumentado en un 23.66% por la TD+BIO con relación al tratamiento control (Figura 5 C). Estos resultados, evidencian que la combinación de tierra de diatomeas y bioestimulación tienden a promover un mejor estado hídrico y actividad fotosintética del maní.

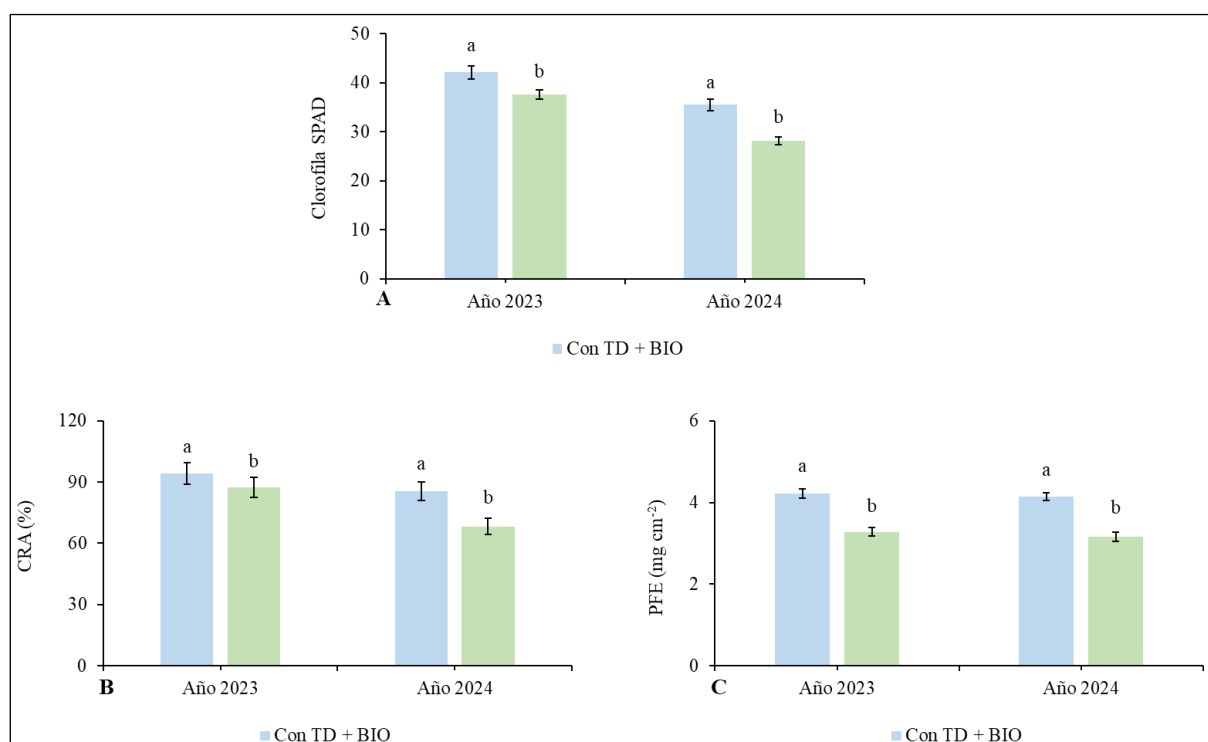


Figura 5. Efecto de la tierra de diatomea y bioestimulación en el índice de clorofila SPAD (A), contenido relativo de agua en la hoja – CRA (B) y peso foliar específico – PFE (C) del maní.

La rentabilidad económica del maní por efecto de la aplicación combinada de TD+BIO fue mayor con relación al tratamiento control en ambas temporadas evaluadas. En el 2023, el tratamiento TD+BIO logró una rentabilidad de 1.23 dólares por cada dólar invertido, lo cual representó un aumento del 20.33% frente al tratamiento control. Tendencia similar se reportó para el año 2024, donde el tratamiento con TD+BIO logro un retorno económico de 0.57 dólares por cada dólar invertido, que representó un incremento del 45.61% con respecto al tratamiento control (Tabla 1). Estos datos confirman, que el uso de estos productos representa una ventaja económica para la producción del cultivo de maní.

Tabla 1. Valores promedio de los principales indicadores

Tratamiento	Ren (kg ha ⁻¹)	PV	IT = PV*R	CT = CF+CV	IN = IT-CT	GDI = IN/CT	Rentabilidad (%) = GDI*100
Año 2023							
TD + BIO	2333	1.6	3732.98	1675	2057.98	1.23	123
Control	1939	1.6	3102.40	1568	1534.40	0.98	98
Año 2024							
TD + BIO	1557	1.6	2491.20	1582	909.20	0.57	57
Control	1130	1.6	1808.00	1376	432.00	0.31	31

Ren = Rendimiento (kg ha⁻¹); PV = Precio de venta (\$US kg⁻¹); IT = Ingresos totales (\$US kg⁻¹); CT = Costos totales (\$US kg⁻¹); CF = Costos fijos (\$US kg⁻¹); CV = Costos variables (\$US kg⁻¹); IN = Ingresos netos; DGI = Ganancia por dólar invertido.

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio, evidenciaron que la aplicación combinada de tierra de diatomeas y bioestimulantes, es una alternativa tecnológica eficaz para potenciar el crecimiento y la productividad del cultivo de maní. En este contexto, los resultados de crecimiento indicaron que con el uso de tierra de diatomeas y bioestimulación, fue posible aumentar la longitud y número de ramas en más del 10 y 9%, respectivamente.

Estos resultados se acercan a los obtenidos por (Meng et al., 2022), quienes reportaron incrementos en longitud del tallo del 45.7% por efecto de la aplicación de extractos de algas, con respecto al tratamiento

control. De forma cercana fueron los resultados logrados por (Bigatton et al., 2024), que informaron de incrementos del crecimiento en maní de entre 12 al 18% por efecto de la aplicación de bioestimulantes microbianos. Por su parte, (Kamaleshwaran & Papitha, 2025), reportaron altura de planta y número de ramas de 46.71 cm y 9.34, bajo el efecto de tierra de diatomeas, en contraste a los menores promedios alcanzados por el tratamiento control.

La aplicación combinada de la tierra de diatomeas y bioestimulantes, promovió un mayor aumento en producción de vainas por planta, peso de vainas y granos por planta, en el orden del 9, 11 y 21%, respectivamente. Estos resultados se asemejan a los alcanzados por (Zheng et al., 2023), que reportaron un incremento de hasta 14.5 % en peso de vainas y un 7% en peso de granos con la aplicación de bioestimulantes microbianos. Así mismo, estos resultados concuerdan con los descritos por (Khalaf et al., 2020), quienes reportaron un incremento del 78.7% vainas por plantas comparado con el control por efecto de la aplicación foliar de bioestimulante a base de silicio.

Los resultados de la aplicación combinada de tierra de diatomeas y bioestimulantes contribuyeron a aumentar el rendimiento de vainas y granos en un 19.58 y 16.91%, respectivamente. Estos resultados coinciden a los informados por (Eswaran et al., 2023), que reportaron un incremento en rendimiento de vainas del 39.59% por efecto de la aplicación de bioestimulantes microbianos, con respecto al tratamiento control. En esta misma línea, (Kamaleshwaran & Elayaraja, 2024), reportaron un aumento en el rendimiento de vainas del 24.94% (2,159 kg ha⁻¹) bajo efecto de aplicación foliar de tierra de diatomeas y bioestimulantes al suelo, en comparación al tratamiento control sin bioestimulación.

Por otra parte, la aplicación combinada de tierra de diatomeas y bioestimulantes mejoró el contenido de clorofila SPAD y el contenido relativo de agua en la hoja (CRA%) en el orden del 10.64% y 7.04% respectivamente. Estos datos fueron cercanos a los alcanzados por (Rosales Jenqui & Hernández Fortes, 2024), quienes reportaron que con la aplicación de bioestimulantes, se incrementó el índice de clorofila SPAD en un 13.5%, con respecto al tratamiento control sin bioestimulación. El efecto de la bioestimulación sobre el contenido de clorofila SPAD en maní, también fue reportado por (Abdelraouf & Mourad, 2023), quienes con la aplicación foliar de bioestimulantes a base de silicio, lograron aumentar hasta en un 25.6% el contenido de clorofila bajo condiciones de agobio hídrico. En este mismo contexto, los resultados se asemejan a los descritos por (Patel et al., 2021), quienes reportaron que a la aplicación foliar de bioestimulantes con silicio, provocó un incremento del CRA mayor al 14.3%, con respecto al tratamiento sin aplicación del bioestimulante.

El peso foliar específico bajo el efecto de la TD+BIO fue en promedio 4.18 mg cm⁻², con relación a los 3.22 mg cm⁻² logrado por el tratamiento control. Estos resultados fueron cercanos a los descritos por (Kumawat et al., 2025), (Ananthi et al., 2025) y (Ananthi et al., 2025), quienes lograron incrementos significativos del peso foliar específico en maní, con aplicaciones de extractos vegetales, fitorreguladores y silicatos, con respecto a tratamientos convencionales y controles.

Los resultados de rasgos fisiológicos como clorofila SPAD, CRA y PFE logrados en esta investigación, permiten inferir que el uso de tierra de diatomeas y bioestimulantes fomentan un mejor estado hídrico y actividad fotosintética del maní, dado que, según varios estudios, el aumento de la fotosíntesis se asocia comúnmente con un mayor estado hídrico de la planta, mayor concentración de clorofila y peso foliar específico en las hojas (Ananthi et al., 2025; Boote et al., 2021).

La menor productividad de vainas y granos conseguidos en el año 2024, con respecto al año 2023, puede deberse a que entre los meses de marzo y abril del 2024 se presentaron escasas precipitaciones (Figura 1), lo cual afectó la formación de ginóforos, vainas y granos. En este contexto, se ha documentado que la disminución de la humedad superficial del suelo, afecta la penetración de los ginóforos o clavos al suelo, afectando de esta manera su viabilidad y, la formación de vainas y semillas (Haro et al., 2011). Además, la nutrición mineral del maní también puede verse disminuida cuando los ginóforos no logran penetrar

adecuadamente el suelo, debido a que estos también contribuyen a la absorción de agua y nutrientes (Kumar et al., 2019).

El efecto de los productos bioestimulantes sobre los componentes fisiológicos, de crecimiento y rendimiento del maní, pueden deberse a que los compuestos que contienen los productos bioestimulantes promueven la activación de procesos metabólicos y enzimáticos relacionados con la fotosíntesis, la absorción de nutrientes y la regulación del estrés oxidativo (Melo-Sabogal & Contreras-Medina, 2024; Sible et al., 2021). Asimismo, se ha observado una mayor formación y funcionalidad de nódulos radicales en tratamientos con bioinoculantes, lo que mejora la fijación biológica de nitrógeno y, por ende, la eficiencia en el uso de recursos (Bigatton et al., 2024; Rosales Jenqui & Hernández Fortes, 2024). Los bioestimulantes no microbianos, como extractos de algas o lixiviados de vermicompost, contribuyen al incremento del contenido de clorofila, la elongación de raíces y el vigor vegetativo, reflejando un efecto positivo en la fisiología del crecimiento (Mufida, 2025; Sahin, 2025). En conjunto, la evidencia científica disponible sugiere que los bioestimulantes constituyen una herramienta eficaz para potenciar los procesos fisiológicos clave del maní, favoreciendo su rendimiento y sostenibilidad bajo diversas condiciones edafoclimáticas (Mufida, 2025; Tunçtürk et al., 2024).

Por su parte la tierra de diatomeas contribuyó al mejoramiento del crecimiento y rendimiento del maní, posiblemente debido a que es un material silíceo, cuya matriz contiene alrededor del 80–90 % de dióxido de silicio amorfo, que actúa sobre el control de insectos-plaga mediante la abrasión mecánica de la cutícula y la adsorción de lípidos epicuticulares, que incrementa la pérdida de agua por desecación y conduce a la mortalidad de los artrópodos expuestos (Romei & Schilman, 2024; Sakka & Athanassiou, 2021). Además, la tierra de diatomeas puede aportar sílice al suelo, que es absorbido por las plantas, fortaleciendo la pared celular y aumentando la resistencia frente a estrés biótico y abiótico (Abdalla, 2010; Ali et al., 2014; Ujjin et al., 2025). La porosidad y textura granular de la tierra de diatomeas también contribuyen a mejorar la aireación, el drenaje y la capacidad de retención de nutrientes del suelo, favoreciendo indirectamente el crecimiento y la salud vegetal (Mills-Ibibofori et al., 2019).

Finalmente, la aplicación de tierra de diatomeas y bioestimulantes en el cultivo de maní se presenta como una alternativa viable tanto desde el punto de vista productivo como económico.

CONCLUSIONES

La aplicación combinada de tierra de diatomea y bioestimulantes fue efectivo para potenciar el rendimiento y rentabilidad económica del cultivo de maní. Estos insumos potenciaron el crecimiento de la planta, mejoran aspectos fisiológicos y aumentan el rendimiento del cultivo, mientras que su costo es accesible y puede reducir la dependencia de agroquímicos tradicionales, contribuyendo a una producción más sostenible y rentable.

FINANCIAMIENTO

La investigación fue financiada por la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, a través del proyecto institucional "Alternativas tecnológicas para potenciar la conservación del suelo y la producción agrícola de secano y ladera en Manabí" con código CUP 386888, que se ejecutó en la institución tal como consta en la Secretaría de Planificación del Estado Ecuatoriano.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

1. Conceptualización: Alberto Kevin Bravo-Sánchez
2. Curación de datos: Cristhian Fernando Del-Valle-Zambrano
3. Análisis formal: Saskia Valeria Guillén-Mendoza
4. Adquisición de fondos: Galo Alexander Cedeño-García
5. Investigación: Kelvin Damián Alcívar-Medina, Alberto Kevin Bravo-Sánchez y Cristhian Fernando Del-Valle-Zambrano
6. Metodología: Galo Alexander Cedeño-García
7. Administración del proyecto: Saskia Valeria Guillén-Mendoza
8. Supervisión: Néstor Leopoldo Tarazona-Meza
9. Validación: Néstor Leopoldo Tarazona-Meza
10. Visualización: Kelvin Damián Alcívar-Medina
11. Redacción - borrador original: Alberto Kevin Bravo-Sánchez y Cristhian Fernando Del-Valle-Zambrano
12. Redacción - revisión y edición: Galo Alexander Cedeño-García y Saskia Valeria Guillén-Mendoza

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdalla, M. (2010). Sustainable effects of diatomite on the growth criteria and phytochemical contents of Vicia faba plants. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(5), 1076–1089. <https://doi.org/10.5251/abjna.2010.1.5.1076.1089>
- Abdelraouf, E. A., & Mourad, K. (2023). Response of peanut (*Arachis hypogaea* L.) to potassium, silicon, and selenium foliar application under water stress conditions. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 101(1), 142–150. <https://doi.org/10.21608/ejar.2023.178742.1316>
- Akram, N. A., Shafiq, F., & Ashraf, M. (2018). Peanut (*Arachis hypogaea* L.): A Prospective Legume Crop to Offer Multiple Health Benefits Under Changing Climate. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(5), 1325–1338. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12383>
- Ali, H., El-Said, N., & Salem, S. (2014). Physiological effects of diatomaceous earth on *Mentha viridis* plants grown under drought conditions. *Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants*, 1(2), 101–115. <https://doi.org/10.21608/sjfop.2014.4105>
- Ammar, M. I., & Hanafy, H. (2024). Effect of Diatomaceous Earth on Certain Pests as well as Yield Quality of Cucumber Plants Under Greenhouse Conditions. *New Valley Journal of Agricultural Science*, 4(4), 0–0. <https://doi.org/10.21608/nvjas.2024.319987.1295>
- Ananthi, K., Sivakumar, B., Sivagamy, K., Tamilselvi, C., Arunkumar, V., Krishnaveni, A., & Jamuna, E. (2025). Impact of silicon applications on growth and development of groundnut under sandy loam soil. *International Journal of Biology Sciences*, 7(1), 92–95. <https://doi.org/10.33545/26649926.2025.v7.i1b.275>
- Aninbon, C., Teamkao, P., Buram, K., Kaewnoo, T., Ruttanaprasert, R., Janket, A., Mon, Y. Y., & Kaewtaphan, P. (2024). Effect of arbuscular mycorrhiza and rhizobium on physiology and yield of peanut under drought conditions. *Frontiers in Plant Science*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1468636>
- Apáez-Barrios, P., Lara-Chávez, M. B. N., Apáez-Barrios, M., & Raya-Montaño, Y. A. (2023). Aplicación foliar de *Ascophyllum nodosum* y tierra de diatomeas en la producción de frijol chino y maíz. *E-CUCBA*, 10(20), 103–113. <https://doi.org/10.32870/ecucba.vi20.302>
- Arunrat, N., Kongsurakan, P., Solomon, L. W., & Sereenonchai, S. (2024). Fire Impacts on Soil Properties and Implications for Sustainability in Rotational Shifting Cultivation: A Review. *Agriculture*, 14(9), 1660. <https://doi.org/10.3390/agriculture14091660>

- Ayvar-Serna, S., Díaz-Nájera, J. F., Vargas-Hernández, M., Mena-Bahena, A., Tejeda-Reyes, M. A., & Cuevas-Apresa, Z. (2020). Rentabilidad de sistemas de producción de grano y forraje de híbridos de maíz, con fertilización biológica y química en trópico seco. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 38(1), 9. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.507>
- Bigatton, E. D., Ayoub, I., Palmero, F., Castillejo, M. Á., Vázquez, C., Lucini, E. I., & Haro, R. J. (2024). Plant-growth promoting rhizobacteria on peanuts: Effects on yield determination, growth rates, and radiation use efficiency in field trials in Argentina. *European Journal of Agronomy*, 154, 127113. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127113>
- Boote, K. J., Jones, J. W., & Hoogenboom, G. (2021). Incorporating realistic trait physiology into crop growth models to support genetic improvement. *In Silico Plants*, 3(1). <https://doi.org/10.1093/insilicoplants/diab002>
- Burgos, T., Iler, V., Peñaloza, E., & Martillo, J. (2022). Evaluation Of The Use Of Mountain Micro-Organisms In The Peanut Crop Yield (*Arachis Hypogaea* L.) In The Province Of Guayas-Ecuador. *Journal of Positive School Psychology*, 6(2). <https://journalppw.com/index.php/jpsp/article/view/10007>
- Dhanker, R., Saxena, A., Tiwari, A., Kumar Singh, P., Kumar Patel, A., Dahms, H.-U., Hwang, J.-S., González-Meza, G. M., Melchor-Martínez, E. M., Iqbal, H. M. N., & Parra-Saldívar, R. (2024). Towards sustainable diatom biorefinery: Recent trends in cultivation and applications. *Bioresource Technology*, 391, 129905. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129905>
- Escobar, N., Espejo, J., & Rodríguez, L. (2014). *Evaluation of the effect of diatomaceous earth as a sustainable alternative in commercial interest crops in Colombia*. 409–418. <https://doi.org/10.2495/EID140351>
- Eswaran, S. U. D., Sundaram, L., Siang, T. C., Alharbi, S. A., Alahmadi, T. A., & Kadam, S. K. (2023). Multifarious microbial biostimulants promote growth in *Arachis hypogaea* L. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1170374>
- Gelaye, Y., & Luo, H. (2024). Optimizing Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Production: Genetic Insights, Climate Adaptation, and Efficient Management Practices: Systematic Review. *Plants*, 13(21), 2988. <https://doi.org/10.3390/plants13212988>
- Goswami, P., & Gallant, A. J. E. (2025). Understanding drought onset: What makes flash droughts different from conventional droughts? *Weather and Climate Extremes*, 49, 100782. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2025.100782>
- Haro, R. J., Mantese, A., & Otegui, M. E. (2011). Peg viability and pod set in peanut: Response to impaired pegging and water deficit. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206(10), 865–871. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2011.05.003>
- INEC. (2024). *Información ambiental y tecnificación agropecuaria - Módulo métodos de producción y ambiente*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Modulo_Ambiental_ESPAC/2023/Plantilla_PPT_ESPAC_2024_29_04_2024.pdf
- Kamaleshwaran, R., & Elayaraja, D. (2024). Influence of Organics, Boron and Silicon Nutrition on the Growth, Yield and Nutrient Uptake by Groundnut in Coastal Saline Soil. *International Journal of Plant & Soil Science*, 36(4), 418–427. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i44495>
- Kamaleshwaran, R., & Papitha, P. (2025). Effect of Borohumate and Diatomaceous Earth on Groundnut Growth, Yield and Quality. *International Journal of Plant & Soil Science*, 37(5), 146–155.

<https://doi.org/10.9734/ijpss/2025/v37i55438>

- Khalaf, A., Sh. Hassan, M., A. Ismaeil, H., & Awany, A. (2020). Impact of Foliar Application of Silicon and Selenium on Growth Characters, Yield, Physicochemical Characters, Oil Ingredients of Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Variety Giza 6 under Different Planting Dates. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 21–28. <https://doi.org/10.9734/ajaar/2020/v12i130071>
- Khudaykulov, J. B., Rasulov, I. M., Aberkulov, M. N., Jumashev, M. M., & Irnazarov, S. I. (2021). THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF BIOSTIMULANTS IN THE CULTIVATION OF PEANUTS. *European Science Review*, 3–4, 43–47. <https://doi.org/10.29013/ESR-21-3.4-43-47>
- Kumar, R., Pandey, M. K., Roychoudhry, S., Nayyar, H., Kepinski, S., & Varshney, R. K. (2019). Peg Biology: Deciphering the Molecular Regulations Involved During Peanut Peg Development. *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01289>
- Kumawat, R. N., Mahajan, S. S., & Mertia, R. S. (2025). Growth and yield of groundnut in relation to soil application of panchgavya and foliar spray of endogenous plant leaf extracts. *Journal of Food Legumes*, 23(2 SE-Articles), 124–127. <https://doi.org/10.59797/jfl.v23i2.1417>
- Lin, L., Han, S., Zhao, P., Li, L., Zhang, C., & Wang, E. (2022). Influence of soil physical and chemical properties on mechanical characteristics under different cultivation durations with Mollisols. *Soil and Tillage Research*, 224, 105520. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105520>
- Matailo Ramirez, L. M., Chabla Carrillo, J., Luna Romero, A. E., & Gálvez, P. (2023). Modelización del rendimiento con Aquacrop-FAO en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.), Ecuador. *Manglar*, 20(1), 51–58. <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.006>
- Melo-Sabogal, D. V., & Contreras-Medina, L. M. (2024). Elicitors and Biostimulants to Mitigate Water Stress in Vegetables. *Horticulturae*, 10(8), 837. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10080837>
- Meng, C., Gu, X., Liang, H., Wu, M., Wu, Q., Yang, L., Li, Y., & Shen, P. (2022). Optimized preparation and high-efficient application of seaweed fertilizer on peanut. *Journal of Agriculture and Food Research*, 7, 100275. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100275>
- Mills-Ibibofori, T., Dunn, B., Maness, N., & Payton, M. (2019). Use of Diatomaceous Earth as a Silica Supplement on Potted Ornamentals. *Horticulturae*, 5(1), 21. <https://doi.org/10.3390/horticulturae5010021>
- Mufida, Z. I. (2025). Morpho-physiological and Production Responses of Peanut (*Arachis hypogaea* L.) to Biostimulant Protein Hydrolysate Under Drought Stress. *Advances in Image and Video Processing*, 13(04), 113–122. <https://doi.org/10.14738/aivp.1304.19159>
- Neves, F. P., Leite, A. R., Mantovani, L. P., Da Silva, C., Gabriel Filho, L. R. A., & Oliveira, S. C. De. (2023). The economic importance of the peanuts production chain. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 17. <https://doi.org/10.18011/bioeng.2023.v17.1186>
- Patel, M., Fatnani, D., & Parida, A. K. (2021). Silicon-induced mitigation of drought stress in peanut genotypes (*Arachis hypogaea* L.) through ion homeostasis, modulations of antioxidative defense system, and metabolic regulations. *Plant Physiology and Biochemistry*, 166, 290–313. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.06.003>
- Puppala, N., Nayak, S. N., Sanz-Saez, A., Chen, C., Devi, M. J., Nivedita, N., Bao, Y., He, G., Traore, S. M., Wright, D. A., Pandey, M. K., & Sharma, V. (2023). Sustaining yield and nutritional quality of peanuts in harsh environments: Physiological and molecular basis of drought and heat stress tolerance. *Frontiers in Genetics*, 14. <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1121462>
- Qotb, M. A., Abdelhamid, I. A., Habashy, N. R., Al Tawaha, A. R. M., Al-Tawaha, A. R., Karnwal, A., & Malik, T.

- (2025). Metformin as a novel organic foliar bio-stimulant to enhance peanut (*Arachis hypogaea* L.) growth and yield under drought stress conditions. *BMC Plant Biology*, 25(1), 918. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06925-9>
- Reddy, S. S., & Chhabra, V. (2022). Crop Residue Burning: Is It a Boon or a Bane? *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 53(18), 2353–2364. <https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2071927>
- Romei, F., & Schilman, P. E. (2024). Diatomaceous earth as insecticide: physiological and morphological evidence of its underlying mechanism. *Pest Management Science*, 80(7), 3301–3307. <https://doi.org/10.1002/ps.8033>
- Rosales Jenqui, P. R., & Hernández Fortes, I. (2024). Respuesta del maní (*Arachis hypogaea* L.) a la aplicación combinada de bioestimulantes microbianos y no microbianos. *Cultivos Tropicales*, 45(1). <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1758>
- Sahin, N. K. (2025). Evaluation of Seaweeds as Stimulators to Alleviate Salinity-Induced Stress on Some Agronomic Traits of Different Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Cultivars. *Phyton*, 94(8), 2399–2421. <https://doi.org/10.32604/phyton.2025.067880>
- Sakka, M. K., & Athanassiou, C. G. (2021). Insecticidal effect of diatomaceous earth and pirimiphos-methyl against phosphine-susceptible and phosphine-resistant populations of two stored product beetle species. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(25), 33181–33191. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12971-1>
- Saldarriaga Lucas, V. A., Valdivieso López, C. S., García Arteaga, D. J., Solórzano Solórzano, J. A., & Saltos Briones, V. J. (2021). Efecto de diferentes láminas de riego localizado, sobre la productividad y rentabilidad del maní. *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, 26, 1. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i26.2456
- Sible, C. N., Seebauer, J. R., & Below, F. E. (2021). Plant Biostimulants: A Categorical Review, Their Implications for Row Crop Production, and Relation to Soil Health Indicators. *Agronomy*, 11(7), 1297. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071297>
- Tunçtürk, R., Oral, E., Tunçtürk, M., Nohutçu, L., Najafi, S., Danesh, Y. R., Farda, B., & Pace, L. (2024). Ascorbic acid enhances growth and dual parameters in *Arachis hypogaea* L. under salt stress. *Discover Sustainability*, 5(1), 489. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00727-z>
- Ujjin, A., Anusontpornperm, S., Thanachit, S., & Phun-iam, M. (2025). Effect of diatomite on yield and nutrient uptake of cassava planted in Yasothon soil series. *วารสารแม่โจ้เกษตร*, 53(2), 350–363. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj/article/view/264074>
- Vera-Cruz, E. F., Quevedo-Guerrero, J. N., Tuz-Guncay, I. G., Chabla-Carillo, J. E., & Cuenca-Sedamanos, J. A. (2023). Evaluación de Trichoderma en tres variedades de maní (*Arachis hypogaea* L.). *Ciencia y Agricultura*, 20(1), 14691. <https://doi.org/10.19053/01228420.v20.n1.2023.14691>
- Zambrano Montesdeoca, J. L., Palacios Cedeño, N. M., Bravo Sánchez, D. M., & Alava Mendoza, M. J. (2024). Producción de maní y su impacto en la economía del Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales*. <https://doi.org/10.31876/rsc.v30i4.43000>
- Zeni, V., Baliota, G. V., Benelli, G., Canale, A., & Athanassiou, C. G. (2021). Diatomaceous Earth for Arthropod Pest Control: Back to the Future. *Molecules*, 26(24), 7487. <https://doi.org/10.3390/molecules26247487>
- Zheng, W., Dai, J., Li, N., Zhao, H., Chang, H., Liao, X., Sheng, F., & Qin, L. (2023). Comparative Evaluation of Microbially-Produced Biostimulants on Peanut Growth. *Sustainability*, 15(10), 8025. <https://doi.org/10.3390/su15108025>

Zulfiqar, F., Moosa, A., Ali, H. M., Bermejo, N. F., & Munné-Bosch, S. (2024). Biostimulants: A sufficiently effective tool for sustainable agriculture in the era of climate change? *Plant Physiology and Biochemistry*, 211, 108699. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108699>