

DENSIDADES DE PLANTAS Y FERTILIZANTES EN LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DEL MANÍ^a

PLANT DENSITIES AND FERTILIZERS IMPROVING SUSTAINABLE PEANUT PRODUCTION

YENIER ACEVEDO GONZÁLEZ^b YANERY PÉREZ DÍAZ^b, ALEXANDER CALERO HURTADO^{b*},
KOLIMA PEÑA CALZADA^c

Recibido para revisar 01-04-2024, aceptado 15-10-2024, versión final 22-11-2024.

Artículo de Investigación

RESUMEN: El objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos de la densidad de plantas combinado con diferentes fertilizantes en las respuestas agroproductivas del maní (*Arachys hipogea* L.). Un experimento se desarrolló en condiciones de campo y los tratamientos se arreglaron en parcelas subdivididas, en un diseño de bloques al azar con tres réplicas. Los efectos de dos densidades de plantas (83000 y 95000 plantas ha⁻¹) y diferentes fertilizantes: aplicación foliar de aminoácidos (As; 0,25 L ha⁻¹), inoculación al suelo con Microorganismos eficientes (ME; 100 mL m⁻²), estiércol ovino descompuesto (EO; 10 t ha⁻¹) y un control (sin fertilizantes), fueron observados en la altura de la planta, número de tallos por planta, contenido de clorofila, número de frutos y granos por planta y el rendimiento. Los resultados mostraron que la densidad de 95000 plantas ha⁻¹ incrementó la altura de la planta, el contenido de clorofila, el número de frutos y granos por planta y el rendimiento en todos los fertilizantes comparado con la densidad de 83000 plantas ha⁻¹. Al mismo tiempo, en ambas densidades de plantas, todos los fertilizantes incrementaron las respuestas agroproductivas del maní, pero el suministro de aminoácidos mostró las mayores respuestas en el crecimiento y rendimiento del maní.

PALABRAS CLAVE: Aplicación foliar; *Arachys hipogea*; bioestimulantes; fertilización orgánica; Microorganismos eficientes.

ABSTRACT: The objective of this research was to evaluate the effects of plant density combined with different fertilizers on the agro-productive responses of peanut (*Arachys hipogea* L.). An experiment was developed under field conditions and treatments were arranged in split-plot, in a random blocks design with three replications. The effects of two plant densities (83000 and 95000 plants ha⁻¹) and different fertilizers: foliar application of amino acids (As; 0.25 L ha⁻¹), soil inoculation with efficient microorganisms (ME; 100 mL m⁻²), decomposed sheep manure (EO; 10 t ha⁻¹) and a control (without fertilizers), were observed in plant height, number of stems per plant, chlorophyll content, number of fruits and grains per plant, and yield. Results showed that the plant density of 95000 plants ha⁻¹ increased plant height, chlorophyll content, number of fruits and grains per plant, and yield in all fertilizers compared

^aAcevedo-González, Y., Pérez - Díaz, Y., Calero-Hurtado, A. & Peña-Calzada, K. (2025). Densidades de plantas y fertilizantes en la producción sostenible del maní. *Rev. Fac. Cienc.*, 14 (1), 23–38. DOI: <https://10.15446/rev.fac.cienc.v14n1.113747>

^bCentro Universitario Municipal de Taguasco. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez” (UNISS). Cuba.

* Autor para correspondencia: alexcalero34@gmail.com

^cFacultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez” (UNISS). Cuba.

to the density of 83000 plants ha⁻¹. At the same time, at both plant densities, all fertilizers increased peanut agroproductivity responses, but amino acid supply showed greater responses in peanut growth and yield.

KEYWORDS: Foliar application; *Arachis hypogaea*; biostimulants; organic fertilization; Efficient microorganisms.

1. INTRODUCCIÓN

El maní o cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) es el sexto cultivo oleaginoso y económico del mundo. Importante por su valor nutricional (grasas, proteínas, minerales y vitaminas) en la seguridad alimentaria, cadena alimentaria, como también por generar empleo e ingresos para las familias productoras (FAO, 2021). Útil para el consumo humano como aceite vegetal y proteína, como forraje para el ganado y como abono verde en la agricultura. Con aproximadamente un 26 % de proteína, un 48 % de aceite y un 3 % de fibra y un alto contenido de calcio, tiamina y niacina, tiene todo el potencial para ser utilizado como un complemento alimenticio económico para combatir la desnutrición (Montero, 2020).

Los constantes efectos adversos del cambio climático, combinado y/o exacerbado por las actividades antropogénicas inadecuadas han generado problemas críticos en la producción agrícola y que continúan intensificándose (Bracken *et al.*, 2023). Entre los principales problemas que afectan la productividad de las plantas, incluyendo el maní se pueden citar los siguientes: fechas de siembras inoportunas, densidades de siembra inadecuadas, fertilizaciones inconvenientes, afectaciones por plagas, entre muchas otras (Montero, 2020). Entre las prácticas que más influyen en los rendimientos de los cultivos se encuentra la utilización adecuada de densidades de siembras o plantas (Calero *et al.*, 2020).

Las densidades adecuadas de siembra son esenciales para aumentar el rendimiento de los cultivos, ya que mejora la utilización de la energía de la luz en las hojas, promueve la absorción de nutrientes y aumenta la acumulación de materia seca con el rendimiento (Chen *et al.*, 2020). El manejo de las densidades de plantas depende de varios factores como: la fertilidad del suelo, la humedad (suelo y aire), el porcentaje de germinación y las características agronómicas de las variedades o cultivares (Carciochi *et al.*, 2019). El patrón espacial del cultivo es otro factor agronómico que puede afectar los rendimientos de las plantas y la competitividad del cultivo frente a las malezas (Andrade *et al.*, 2023). Sin embargo, es ampliamente reportado, que un patrón de siembra uniforme aumenta la uniformidad espacial y el índice de foliar de la hoja, reduce el sombreado mutuo y acelera el cierre de la hoja, todo lo cual resulta en una mayor intercepción de radiación por las hojas y aumento del crecimiento y rendimiento de los cultivos (Simón *et al.*, 2023).

Muchos bioproductos han sido empleados para potenciar el manejo ecológico y la productividad de los cultivos, entre los que se encuentran, los bioestimulantes (Quintero *et al.*, 2018). El uso de los bioestimulantes se ha convertido en una fuente de potencialización de los cultivos, brindando múltiples beneficios, ayudando a la tolerancia al estrés abiótico, una mejor asimilación de los nutrientes y una mayor calidad en

su productividad (D'Addabbo *et al.*, 2019). Además, los bioestimulantes brindan resultados favorables en el crecimiento radicular en los cultivos, porque promueven el crecimiento radicular y el desarrollo vegetativo de las plantas y constituyen una alternativa eficiente, económica y viable, para aumentar la productividad de los cultivos (Bell *et al.*, 2022).

Los Microorganismos eficientes (ME) es una tecnología descubierta y desarrollada por el profesor Teuro Higa, en Japón (Silva *et al.*, 2022), como una alternativa para remplazar los fertilizantes y los plaguicidas sintéticos, popularizados después de la Segunda Guerra Mundial, para la producción de alimentos en el mundo (Hurtado *et al.*, 2023). Este profesor encontró que el éxito de su efecto estaba en el cultivo mixto de varios microbios; desde entonces, esta tecnología se investiga, se desarrolla y se aplica en una multitud de usos agropecuarios y ambientes, y es utilizada en más de 80 países del mundo (Avila *et al.*, 2021). Los efectos benéficos del bioestimulante ME ha sido observados en diferentes especies de plantas como arroz (Calero *et al.*, 2020), pepino (Hurtado *et al.*, 2023), habichuela (Hurtado *et al.*, 2020) y frijol (Calero *et al.*, 2022; Calero *et al.*, 2023), pero hasta la fecha se desconocen los efectos sobre el maní.

La utilización de promotores del crecimiento vegetal son alternativas para mejorar el crecimiento de la planta y restituir algunos elementos o sustancias en menores niveles. La utilización de aminoácidos como estimulantes ha sido bien conocida y difundida (Al-Karaki & Othman, 2023). En este sentido, existe un producto sometido a un proceso biocatalítico de activación molecular que mejora su actividad biológica y la reactividad bioquímica de todas sus moléculas (Catalysis, 2018). Este promotor del crecimiento vegetal a bases de aminoácidos esenciales y otros sustancias favorece el desarrollo de la fase vegetativa de los cultivos, aumenta la longitud de los tallos así como el número de hojas y el área foliar (Peña Calzada *et al.*, 2017). Además, acelera la fase reproductiva e incrementa el número de flores y frutos, lo que influye positivamente en el incremento de los rendimientos (Peña Calzada *et al.*, 2022).

Los biofertilizantes también desempeñan una función importante en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo y la vez mejoran el desarrollo y rendimiento de los cultivos. La aplicación de fertilizantes orgánicos debe realizarse de acuerdo con las características de los suelos, para aumentar el contenido de materia orgánica y la disponibilidad de sustancias y nutrientes y por ende el crecimiento de las plantas (Chen *et al.*, 2020). Una de las metas del agricultor debe ser desarrollar alternativas o estrategias de fertilización que resuelvan las necesidades de los cultivos. Para lograr estas metas, el estiércol de ovino descompuesto puede añadir nutrientes al suelo importantes para la planta (NPK) y mejorar la calidad del suelo (Abbas *et al.*, 2021). Los efectos benéficos de la aplicación de estiércol ovino descompuesto fueron reportados anteriormente en plantas de papa (Villagaray-Lizana *et al.*, 2021) y pastizales naturales (Paredes *et al.*, 2024), pero son escasos los estudios reportados en maní.

Por lo tanto, el conocimiento de la mejor estrategia de siembras y de suministro de los fertilizantes puedan ayudar a minimizar el desequilibrio nutricional y favorecer el crecimiento y el rendimiento del maní.

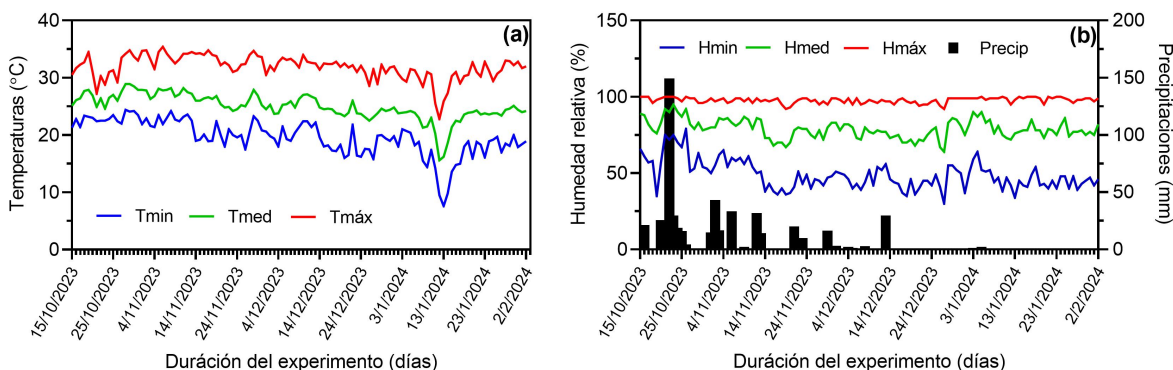


Figura 1: Promedio diario de las variables climáticas, (a) Temperatura mínima (Tmin, °C), temperatura media (Tmed, °C) y temperatura máxima (Tmáx, °C) y (b) humedad relativa (Hr; %) y precipitaciones (mm). Fuente: Elaboración propia

Basado en los supuestos anteriores y los insuficientes conocimientos en el manejo del cultivo del maní, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de densidades de plantas y fertilizantes en las respuestas agroproductivas del cultivo del maní.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización y características edafoclimáticas del lugar

La investigación se realizó en área del usufructuario Gonzalo Valero Oropesa ($22^{\circ}08'34.6''N$ $79^{\circ}29'04.6''W$), perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) “Emilio R Capestani”, ubicada en el Consejo Popular punta de Diamante, Cabaiguán, Sancti Spíritus, Cuba. Las medias diarias de temperatura, humedad relativa y precipitaciones durante la duración del experimento pueden observarse en la Figura 1. El tipo de suelo predominante es Cambisol (IUSS-WRB, 2022).

2.2. Material vegetal

Se utilizó la variedad de maní arbustivo procedente de la UEB Semillas Villa Clara: Crema VC-504 (grano color crema) registradas en la Lista oficial de variedades comerciales, con la categoría certificada y sin recibir tratamiento.

Las semillas se seleccionaron en base a su uniformidad, color y sin manchas y la siembra se realizó de forma manual a golpe y distancia, se emplearon las distancias de 0,80 y 0,70 cm entre surcos (líneas) y a 0,30 cm entre plantas y se depositaron dos semillas, para obtener densidades de población aproximadas de 83000 y 95000 plantas ha^{-1} .

2.3. Diseño experimental

Los tratamientos se ordenaron en parcelas subdivididas, en bloques al azar con tres réplicas. Las parcelas principales fueron compuestas por dos densidades de plantas (D): 83000 y 95000 plantas ha⁻¹ y las parcelas secundarias consistieron en la utilización de diferentes tratamientos de fertilizantes: aplicación foliar de As a la dosis de 0,25 L ha⁻¹, la inoculación al suelo con ME a la concentración de 100 mL m⁻², la adición de EO a la dosis de 10 t ha⁻¹ y un control (sin fertilizantes). Las parcelas experimentales constaron de 4 m de longitud y la anchura correspondiente a siete surcos de acuerdo a la densidad investigada. En la densidad de 83000 plantas ha⁻¹ el tamaño de las parcelas fue de 22,4 m² y el área efectiva para los muestreos y observaciones fue de 8,0 m², mientras que en la densidad de 95000 plantas ha⁻¹ el tamaño de las parcelas fue de 19,6 m² y el área efectiva para los muestreos y observaciones fue de 7 m².

2.4. Aplicación de los fertilizantes

La solución de As se preparó el mismo día de la aplicación y se aplicó vía foliar con el apoyo de un pulverizador de mochila de presión retenida (Matabi, 16 L, Goizper Group, España), en las fases fenológicas de la V1, V2, V3, V4, V5 y R1 (Munger *et al.*, 1998).

El bioestimulante ME se aplicó antes de realizar la siembra del tratamiento y se aplicó con un pulverizador de mochila de presión retenida (Matabi, 16 L, Goizper Group, España) en el fondo del surco, después de realizar la siembra de las semillas y rápidamente se procedió con el tapado de las semillas (Hurtado *et al.*, 2019).

El EO fue gentilmente donado por un productor asociado a la CCS “Emilio R. Capestani”. El mismo fue expuesto al sol (15 días previos a su incorporación al suelo), para eliminar las poblaciones de microorganismos indeseables y se aplicó a los 10 DDE antes del primer aporque a la dosis de 10 t ha⁻¹ (1 kg m⁻²).

2.5. Composición de los fertilizantes

La composición declarada del promotor del crecimiento es la siguiente: Ácido aspártico 1,6%, Arginina 2,5%, Glicina 2,4% y el Triptófano 0,5%, nitrógeno orgánico 1,8%, pH 6,80, densidad 1,14 y masa neta 1,14 kg (Peña Calzada *et al.*, 2022).

El inóculo del bioestimulante ME-50® fue adquirido en el Labiofam de Sancti Spíritus, compuesto por *Bacillus subtilis* nato B/23-45-10 (5,4 10⁴ unidades formadoras de colonias (UFC)/mL), *Lactobacillus bulgaricum* B /103-4-1 (3,6 10⁴ UFC/mL), y *Saccharomyces cerevisiae* L-25-7-12 (22,3 10⁵ UFC/mL), con certificado de calidad emitido por el Instituto Cubano de Investigaciones de Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), código R-ID-B-Prot-01-01. Además, contiene nutrientes esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y calcio (Ca) (Calero *et al.*, 2020). El EO no se tienen datos de su composición.

2.6. Determinación de los parámetros del crecimiento y rendimiento

2.6.1. Parámetros del crecimiento

A los 30 días después de la emergencia (DDE), se muestrearon 30 plantas al azar en el área útil de cada parcela, se observaron los siguientes parámetros del crecimiento (Munger *et al.*, 1998):

- Altura del tallo principal (AP, cm): se realizó a los 30 DDE con apoyo de una regla graduada, desde la base del tallo hasta el último entrenudo del tallo principal.
- Número de tallos por planta (NT): se realizó por conteo directo a los 30 DDE.
- Contenido de clorofila (CC, valores SPAD): se realizó a los 45 DDE en la hoja +1 entre las 10:00 y 11:00 am, con un medidor de clorofila portátil (modelo TYS-B, China).

2.6.2. Parámetros productivos

En el momento de cosecha (R9, 102 DDE), en 30 plantas por tratamiento, se evaluaron los siguientes parámetros productivos (Munger *et al.*, 1998):

- Número de frutos (cajetas) por planta (FP): se contaron todos los frutos (con granos y vacíos) en las plantas evaluadas.
- Número de granos por planta (GP): se contaron la cantidad de granos de cada planta.
- Rendimiento (RD, t ha⁻¹): se determinó del promedio de la masa de los granos de las plantas evaluadas en cada parcela en función de la densidad de población.

2.7. Análisis de los datos

Los datos obtenidos fueron sometidos a los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Los datos se analizan por un ANOVA de dos vías y cuando la prueba de Fisher (F) fue significativa ($p < 0,05$), se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de las medias ($p < 0,05$). Todos los análisis y comparaciones estadísticas se realizaron en el software AgroEstat versión 1.10.17. 77 (FCAV-UNESP, CAPES, Brasil).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ANOVA de dos vías mostró interacción significativa en la AP ($p < 0,01$), NT ($p < 0,01$) y CC ($p < 0,01$) en cultivo del maní. La AP en la DP de 95000 plantas ha⁻¹ mostró incrementos significativos comparados con la DP de 83000 plantas ha⁻¹ en todos los tratamientos (Figura 2 a). En ambas DP los mayores promedios de AP fueron observados en el tratamiento con VA en comparación a los demás tratamientos, con incrementos significativos de 41, 19 y 9% en la DP de 83000 plantas ha⁻¹ y 45, 23 y 12% en

la DP de 95000 plantas ha^{-1} , respectivamente, comparados con los tratamientos control, *EO* y *ME*, pero al mismo tiempo, el tratamiento con *ME* mostró efectos significativos en la AP de 27 % y 8 % y 30 y 9 % en las DP de 83000 y 95000 plantas ha^{-1} , respectivamente, comparados con los tratamientos control y *EO*; aunque, este último tratamiento (*EO*) reveló incrementos significativos en la AP de 11 % y 18 % en las DP de 83000 y 95000 plantas ha^{-1} , respectivamente comprado con el tratamiento control (Figura 2a).

La DP de 83000 plantas ha^{-1} mostró ligeros incrementos en el NT comparados con la DP de 95000 plantas ha^{-1} en todos los fertilizantes (Figura 2b). En ambas DP, los mayores NT fueron alcanzados con el tratamiento de *VA* respecto a los demás tratamientos, con incrementos significativos de 51 %, 30 % y 13 % y de 49 %, 24 % y 9 % en las DP de 83000 y 95000 plantas ha^{-1} , respectivamente, en comparación a los tratamientos control, *EO* y *ME*; pero a la misma vez, el tratamiento con *ME* mostró aumentos significativos en el NT de 33 % y 15 % en la DP de 83000 y 95000 plantas ha^{-1} y de 36 % y 14 % en la DP de 95000 plantas ha^{-1} , respectivamente, respecto a los tratamientos control y *EO*, sin embargo, este último tratamiento (*EO*) exhibió mayores AP con incrementos de 16 % y 20 % en las DP de 83000 y 95000 plantas ha^{-1} , respectivamente en relación al tratamiento control (Figura 2b).

A los 45 DDE el CC fue significativamente superior en la DP de 95000 plantas ha^{-1} respecto a la DP de 83000 plantas ha^{-1} en todos los fertilizantes (Figura ?? c). El CC mostró mayores valores en el tratamiento con *As* en relación a los demás tratamientos con incrementos significativos en la DP de 83000 plantas ha^{-1} de 21 %, 15 % y 9 % y en la DP de 95000 plantas ha^{-1} de 24 %, 17 % y 11 %, comparado con los tratamientos control, *EO* y *ME*, respectivamente; mientras que, el tratamiento con *ME* reveló efectos significativamente superior en 14 % y 8 % en la DP de 83000 plantas ha^{-1} y de 16 % y 10 % en la DP de 95000 plantas ha^{-1} en comparación a los tratamientos controles y *EO*, pero este último tratamiento, al mismo tiempo mostró incrementos significativos en el CC de 9 % y 11 % comparado con el tratamiento control (Figura 2c).

En este estudio se demostró que, la densidad de planta desempeña un factor fundamental en la modificación de los parámetros de crecimiento como AP, NT y CC (Figuras 1 a-c). Específicamente, la DP de 95000 plantas ha^{-1} exhibió mayores AP y CC que la menor densidad. Estos resultados indican que las plantas de maní respondieron muy bien a esta DP, lo que pudo estar influenciado por la uniformidad espacial, eliminándose la competencia por la intercepción de la radiación, agua y nutrientes (Li *et al.*, 2024; Minh *et al.*, 2021) y también porque mejora la simetría de las plantas y la intercepción de luz máxima ocurre más temprano (Simón *et al.*, 2023). También, existe un mayor cubrimiento del área, lo que disminuye el desarrollo de las arvenses (Azanaw & Singh, 2023). Estudios recientes indicaron además que existen correlaciones fenotípicas positivas entre las DP y algunas variables del crecimiento en el cultivo del maní (Li *et al.*, 2024; Minh *et al.*, 2021).

El estimulante *VA* mostró mayores influencias en el crecimiento de las plantas de maní, debido a la composición de *As*. Estos resultados son los primeros hallazgos reportados en el cultivo del maní y los efectos

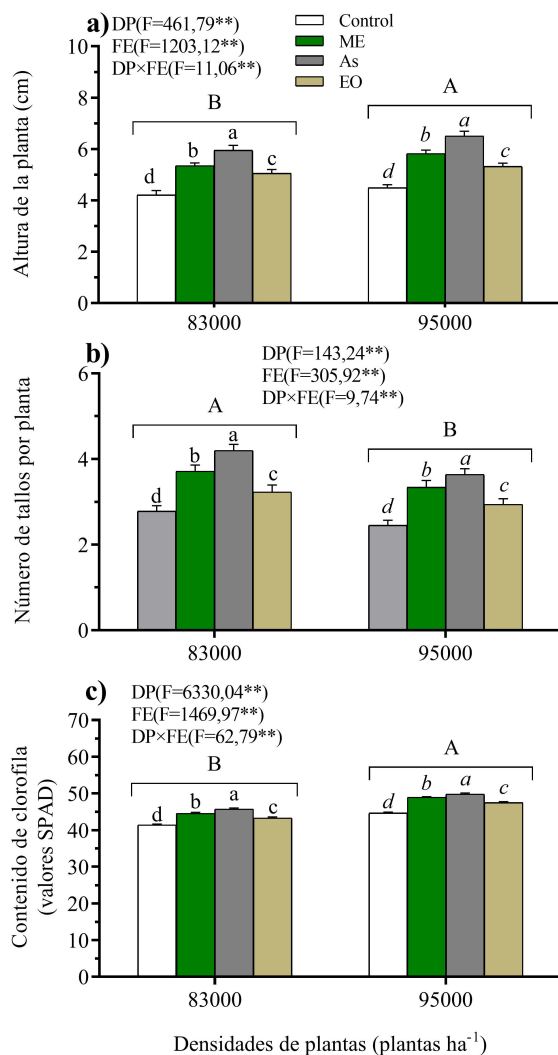


Figura 2: Valores promedio de altura de la planta (a), número de tallos por planta (b) y contenido de clorofila (c) observados a los 20 DDE en función de las dos DP (83000 y 95000 plantas ha⁻¹) y los fertilizantes evaluados: control (sin fertilización, ME (100 mL m⁻²), As (0,25 L ha⁻¹) y EO (10t ha⁻¹). Letras minúsculas normales (ejemplo: a, b, c) o cursivas (ejemplo: *a*, *b*, *c*) indican diferencias significativas entre los fertilizantes aplicados en las DP de 83000 y 95000 plantas ha⁻¹, respectivamente y letras mayúsculas diferentes (ejemplo: A, B) indican diferencias significativas entre las DP (83000 y 95000 plantas ha⁻¹) en cada fertilizante, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Fuente: Elaboración propia.

benéficos de los As son debidos a estos se incorporan directamente en los tejidos de las hojas, permite reducir el gasto de energía y ayudan el desarrollo de procesos metabólicos y fisiológicos esenciales, con el consecuente aumento en la estructura de planta (Al-Karaki & Othman, 2023). También, los As regulan los mecanismos de crecimiento de la células, lo que promueve el crecimiento de las plantas (Repke *et al.*, 2022). Otra posible explicación para estos supuestos, es debido a que los As al ser metabolizados rápidamente, originan sustancias biológicamente útiles, que promueven el crecimiento vegetativo (Ban *et al.*, 2021). Asimismo, los efectos promotores del crecimiento de los As en las plantas probablemente ocurren debido al efecto hormonal, estimulan la formación de clorofila, ácido indolacético (IAA) y la producción de vitaminas (Peña Calzada *et al.*, 2022).

Por otro lado, la aplicación del bioestimulante ME también promovió el crecimiento de las plantas de maní. Estos efectos benéficos de los ME en el cultivo constituyen los primeros resultados y probablemente ocurren porque en la composición de este bioestimulante se incorporan nutrientes esenciales como *N*, *P*, *K* y *Ca* que favorecen procesos metabólicos directos del crecimiento como la división celular (Calero *et al.*, 2020). Además, se incorporan géneros de microorganismos benéficos que favorecen la solubilización de nutrientes, producción de hormonas y control de enfermedades (Carabeo *et al.*, 2022).

Similarmente, la adición de EO (estiércol ovino) favoreció el crecimiento de las plantas de maní, estos efectos beneficiosos en la estimulación del crecimiento del EO pueden ser debido al incremento de materia orgánica y la incorporación de nutrientes esenciales y hormonas que promueven el crecimiento (Elsherpiny *et al.*, 2023).

El ANOVA bidireccional mostró interacciones significativas entre los factores *DP* y *FE* para el *FP* ($p < 0,01$), *GP* ($p < 0,01$) y *RD* ($p < 0,01$) en cultivo del maní (Figura 3 a-c). El *FP* mostró efectos significativos para ambos factores y la *DP* de 95000 plantas ha^{-1} reveló incrementos significativamente superiores en el *CC* respecto a la *DP* de 83000 plantas ha^{-1} (Figura 3a). En ambas *DP* el tratamiento con As mostró mayores promedios de *FP* en relación a los demás tratamientos, con incrementos significativos de 43%, 16% y 11% y de 48%, 19% y 14% en las *DP* de 83000 y 95000 plantas ha^{-1} , respectivamente, en comparación a los tratamientos control, *EO* y *ME*; pero este último tratamiento al mismo tiempo incrementó el *FP* en 38% y 10% en la *DP* de 83000 y 95000 plantas ha^{-1} y en 46% y 12% en la *DP* de 95000 plantas ha^{-1} , respectivamente, comparado con los tratamientos control y *EO*, sin embargo, el tratamiento con *EO* presentó mayores *FP* con incrementos de 31% en la *DP* de 83000 plantas ha^{-1} y de 25% en la *DP* de 95000 plantas ha^{-1} en relación al tratamiento control, respectivamente (Figura 3 a).

En la cosecha el *GP* reveló efectos significativos para los factores *DP* y *FE* (Figura 3 b). La *DP* de 95000 plantas ha^{-1} incrementó significativamente el *GP* en comparación a la *DP* de 83000 plantas ha^{-1} en todos los niveles de fertilización (Figura 3 b). El *GP* exhibió mayores *GP* en el tratamiento As comparado con los otros tratamientos evaluados e incrementó significativamente en 53%, 18% y 10% en la *DP* de 83000

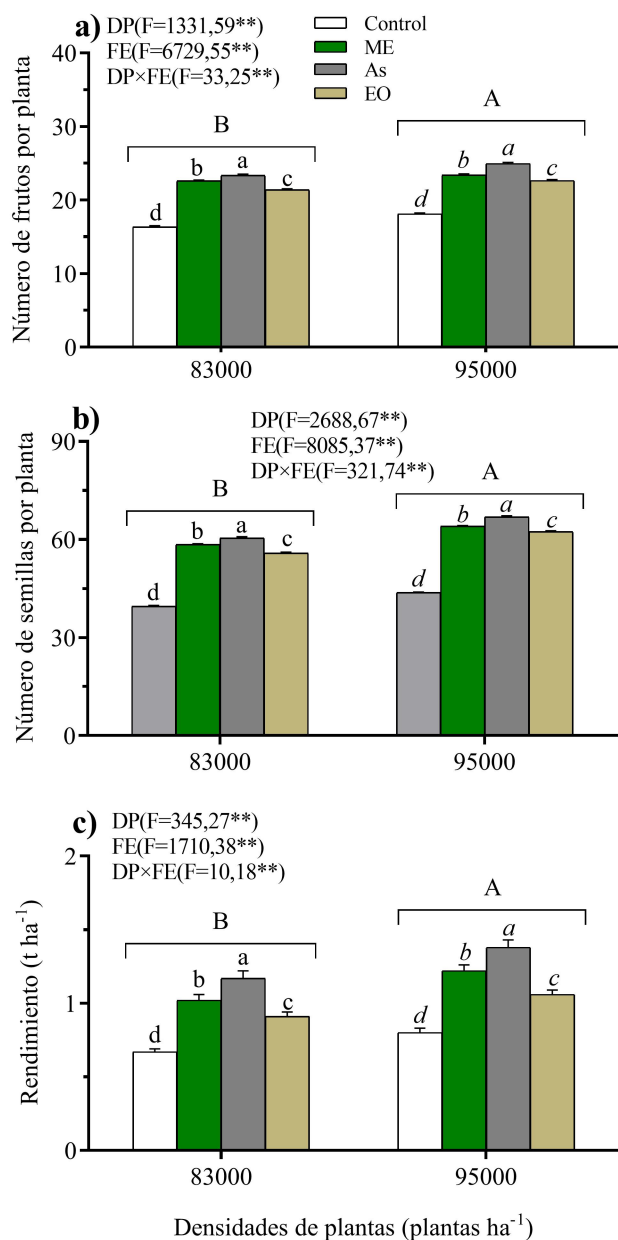


Figura 3: Valores promedio del número de frutos por plantas (a), número de granos por planta (b) y rendimiento (c), observados en la cosecha en función de las dos DP (83000 y 95000 plantas ha⁻¹) y los fertilizantes evaluados: control (sin fertilización, ME (100 mL m⁻²), As (0,25 L ha⁻¹) y EO (10 t ha⁻¹). Letras minúsculas normales (ejemplo: a, b, c) o cursivas (ejemplo: a, b, c) indican diferencias significativas entre los fertilizantes aplicados en las DP de 83000 y 95000 plantas ha⁻¹, respectivamente y letras mayúsculas diferentes (ejemplo: A, B) indican diferencias significativas entre las DP (83000 y 95000 plantas ha⁻¹) en cada fertilizante, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Fuente: Elaboración propia.

plantas ha^{-1} y en 58 %, 20 % y 12 % en las *DP* de 95000 plantas ha^{-1} , respectivamente, en comparación a los tratamientos control, *EO* y *ME*; pero este último tratamiento al mismo tiempo incrementó el *FP* en 48 % y 8 % en la *DP* de 83000 plantas ha^{-1} y en 50 % y 11 % en la *DP* de 95000 plantas ha^{-1} , respectivamente, comparado con los tratamientos control y *EO*, sin embargo, el tratamiento con *EO* presentó mayores *FP* con incrementos de 41 % en la *DP* de 83000 plantas ha^{-1} y de 43 % en la *DP* de 95000 plantas ha^{-1} en relación al tratamiento control, respectivamente (Figura 3b).

El *RD* mostró efectos altamente significativos para ambos factores estudiados (*DP* y *FE*). La *DP* de 95000 plantas ha^{-1} alcanzó mayores *RD* comparado con la *DP* de 83000 plantas ha^{-1} (Figura 3 c). Similarmente, los mayores *RD* fueron alcanzados por el tratamiento con *As* en comparación a los demás tratamientos evaluados e incrementó el *RD* en la *DP* de 83000 plantas ha^{-1} en 75 %, 29 % y 15 %, mientras que, en la *DP* de 95000 plantas ha^{-1} los incrementos fueron de 77 %, 30 % y 13 %, comparado con los tratamientos control, *EO* y *ME*, respectivamente (Figura 3 c). Además, la aplicación de *ME* mostró efectos significativos superiores a los tratamientos control y *EO* en la *DP* de 83000 plantas ha^{-1} en 70 % y 12 %, mientras que en la *DP* de 95000 plantas ha^{-1} fueron de 53 % y 16 %. Adicionalmente, el tratamiento con *EO* incrementó el *RD* y con diferencia significativas respecto al tratamiento control en 52 % y 33 % en las *DP* de 83000 y 95000 plantas ha^{-1} , respectivamente (Figura 3 c).

En este estudio se verificó que las *DP* influyen positivamente los parámetros productivos como *FP*, *GP* y *RD* (Figura 3a-c). Estos efectos pudieron estar influenciados por las variaciones ocurridas en los parámetros del crecimiento *AP*, *NT* y *CC* (Figura 2a-c). Una posible explicación para estos hechos, puede ser debido a que las *DP* adecuadas disminuyen el crecimiento de las malezas, tiene un mejor aprovechamiento de la luz, desarrollan un adecuado sistema radicular, lo que favorece directamente la absorción agua y nutrientes (Simón *et al.*, 2023). Sin embargo, la aplicación foliar de *As* en ambas densidades estimuló los parámetros productivos del maní en ambas *DP* en comparación con los demás niveles de fertilización evaluados. Por tanto, estos hallazgos constituyen la primera evidencia científica que demuestra los efectos beneficiosos de la aplicación foliar de los *As* en la productividad del maní en época de siembra lluviosa. Una posible explicación para estos hallazgos es debido a que los *As* inducen la floración, inhiben la caída de las flores y favorecen la producción de frutos por planta (Al-Karaki & Othman, 2023). Otra posible explicación para estos resultados es que los *As* favorecen los procesos productivos de las plantas sobre todo la floración y es importante en la síntesis de bases nitrogenadas requerida para la formación de nuevos tejidos (Peña Calzada *et al.*, 2021). Similarmente, los *As* son transportados y absorbidos rápidamente por la planta y utilizados en la síntesis de proteínas, ahorrando gran cantidad de energía la que se concentra en el incremento de la productividad de las plantas (Peña Calzada *et al.*, 2022).

Similarmente, la adición del bioestimulante *ME* también causó efectos positivos en la productividad del maní. Estos efectos benéficos de este bioestimulante en el incremento del *RD* de este cultivo, pudo estar influenciado por la promoción de los parámetros del crecimiento (Figura 1). Por lo tanto, estos resultados son

la primera evidencia científica reportando los beneficios de este bioestimulante en la producción sostenible del maní. Los efectos del bioestimulante ME en el incremento de la productividad de los cultivos han sido reportados anteriormente en otras leguminosas (Calero *et al.*, 2023; Hurtado *et al.*, 2023).

4. CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que la densidad de 95000 plantas ha⁻¹ mostró mayores crecimientos y rendimiento del maní en comparación con la densidad de 83000 plantas ha⁻¹. Similarmente, la adición de aminoácidos constituye la mejor variante para incrementar la productividad del maní en ambas densidades de plantas. No obstante, la aplicación del bioestimulante ME presupone una alternativa local para aumentar la producción sostenible de maní. Los hallazgos de este estudio sugieren que la mejor estrategia para incrementar la productividad del maní es aplicar aminoácidos en a la densidad de 95000 plantas ha⁻¹.

Contribución de los autores

Conceptualización, A.C.H.; metodología, A.C.H., y Y.A.G.; validación, A.C.H., Y.A.G. y Y.P.D.; análisis formal, A.C.H.; investigación, A.C.H., Y.A.G.; K.P.C., y Y.P.D.; curación de datos, A.C.H.; supervisión, A.C.H.; redacción: preparación del borrador original, Y.P.G., y A.C.H.; redacción: revisión y edición, Y.A.G.; A.C.H., Y.P.D. Y K.P.C.; visualización, A.C.H., Y.P.D., Y K.P.C.; administración del proyecto, A.C.H.; adquisición de financiación, A.C.H. y Y.A.G. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Referencias

- Abbas, M. S., Badawy, R. A., Abdel-Lattif, H. M. & El-Shabrawi, H. M. (2021). Synergistic effect of organic amendments and biostimulants on faba bean grown under sandy soil conditions. *Scientia Agricola*, 79, e20200300. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2020-0300>
- Al-Karaki, G. N., & Othman, Y. (2023). Effect of foliar application of amino acid biostimulants on growth, macronutrient, total phenol contents and antioxidant activity of soilless grown lettuce cultivars. *South African Journal of Botany*, 154, 225–231. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.01.034>
- Andrade, J. F., Ermacora, M., De Grazia, J., Rodríguez, H., Mc Grech, E. & Satorre, E. H. (2023). Soybean seed yield and protein response to crop rotation and fertilization strategies in previous seasons. *European Journal of Agronomy*, 149, 126915. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126915>
- Avila, G. M. de A., Gabardo, G., Clock, D. C. & Junior, O. S. de L. (2021). Use of efficient microorganisms in agriculture. *Research, Society and Development*, 10(8), e40610817515. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17515>

- Azanaw, M. & Singh, S. (2023). Exploiting morpho-physiological variation driven by plant density to maximize sesame (*Sesamum indicum* L.) yield and oil production in northwest Ethiopia. *Russian Agricultural Sciences*, 49(4), 405-412. <https://doi.org/10.3103/S1068367423040043>
- Ban, Y. J., Song, Y. H., Kim, J. Y., Cha, J. Y., Ali, I., Baiseitova, A., Shah, A. B., Kim, W.-Y. & Park, K. H. (2021). A significant change in free amino acids of soybean (*Glycine max* L. Merr) through Ethylene Application. *Molecules*, 26(4), 1128. <https://doi.org/10.3390/molecules26041128>
- Bell, J. C., Bound, S. A. & Buntain, M. (2022). Biostimulants in Agricultural and horticultural production. En *Horticultural Reviews* (pp. 35-95). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119851981.ch2>
- Bracken, P., Burgess, P. J. & Girkin, N. T. (2023). Opportunities for enhancing the climate resilience of coffee production through improved crop, soil and water management. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 47(8), 1125-1157. <https://doi.org/10.1080/21683565.2023.2225438>
- Calero Hurtado, A., Olivera Vicedo, D., Pérez Díaz, Y., González-Pardo Hurtado, Y., Yáñez Simón, L. A. & Peña Calzada, K. (2020). Manejo de diferentes densidades de plantación y aplicación de microorganismos eficientes incrementan la productividad del arroz. *Idesia (Arica)*, 38(2), 109-117. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292020000200109>
- Calero-Hurtado, A., Pérez-Díaz, Y., Hernández-González, L., García-Guardarrama, Y., Pacheco-Méndez, S. M., Rodríguez-Pérez, Y. & Castro-Lizazo, I. (2023). Coaplicación entre el consorcio Microorganismos eficientes y Biobras-16® aumentan el crecimiento y la productividad del frijol común. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 12(2), 64-79. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v12n2.107055>
- Calero-Hurtado, A., Pérez-Díaz, Y., Rodríguez-Lorenzo, M. & Rodríguez-González, V. (2022). Aplicación conjunta del consorcio microorganismos benéficos y FitoMas-E ® incrementan los indicadores agronómicos del frijol. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 25(1), 2252. <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n1.2022.2252>
- Carabeo, A., Jiménez, J., Gil, Z., Henderson, D., Adams, P. & Calero-Hurtado, A. (2022). Taxonomic identification and diversity of effective soil microorganisms: Towards a better understanding of this microbiome. *Agronomía Colombiana*, 40(2), 278-292. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v40n2.101378>
- Carciochi, W. D., Schwalbert, R., Andrade, F. H., Corassa, G. M., Carter, P., Gaspar, A. P., Schmidt, J. & Ciampitti, I. A. (2019). Soybean seed yield response to plant density by yield environment in north America. *Agronomy Journal*, 111(4), 1923-1932. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.10.0635>
- Catalysis. (2018). VIUSID agro, promotor del crecimiento. <http://www.catalysisagrovete.com>

- Chen, Y., Ren, K., Su, J., He, X., Zhao, G., Hu, B., Chen, Y., Xu, Z., Jin, Y. & Zou, C. (2020). Rotation and organic fertilizers stabilize soil water-stable aggregates and their associated carbon and nitrogen in flue-cured tobacco production. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20(1), 192-205. <https://doi.org/10.1007/s42729-019-00118-8>
- D'Addabbo, T., Laquale, S., Perniola, M., & Candido, V. (2019). Biostimulants for plant growth promotion and sustainable management of phytoparasitic nematodes in vegetable crops. *Agronomy*, 9(10), 616. <https://doi.org/10.3390/agronomy9100616>
- Elsherpiny, M. A., Baddour, A., & Kany, M. (2023). Effect of organic and bio fertilization and magnesium foliar application on soybean production. *Egyptian Journal of Soil Science*, 63(1), 127-141. <https://doi.org/10.21608/ejss.2023.185631.1564>
- FAO. (2021). Faostat (p. 56). [http://www.fao.org/faostat/en/\\$#data/QC](http://www.fao.org/faostat/en/$#data/QC)
- Hurtado, A. C., Díaz, Y. P., Calzada, K. P., Viciado, D. O., Hernández, J. J., & Pérez, A. C. (2023). Coinoculación de biofertilizantes microbianos en pepino y habichuela y su efecto en el crecimiento y rendimiento. *Temas Agrarios*, 28(2), 220-232. <https://doi.org/10.21897/bz3pzk58>
- Hurtado, A. C., Díaz, Y. P., Hurtado, Y. G.-P., Simón, L. A. Y., Calzada, K. P., Viciado, D. O., & Rodríguez, J. F. M. (2020). Respuesta agroproductiva de la habichuela a la aplicación de vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 9(1), 112-124. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v9n1.82584>
- Hurtado, A. C., Díaz, Y. P., Viciado, D. O., Rodríguez, E. Q., Calzada, K. P., Nedd, L. L. T., & Hernández, J. J. (2019). Effect of different application forms of efficient microorganisms on the agricultural productive of two bean cultivars. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 72(3), 8927-8935. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n3.76272>
- IUSS-WRB. (2022). World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. En *World Soil Resources Reports*, (106) (4.a ed.). <https://doi.org/10.1017/S0014479706394902>
- Li, L., Li, Q., Liu, Y., Xue, H., Zhang, X., Wang, B., Pan, X., Zhang, Z., & Zhang, B. (2024). Diversity, Variance, and Stability of Root Phenols of Peanut (*Arachis hypogaea L.*). *Physiologia Plantarum*, 176(1), e14207. <https://doi.org/10.1111/pp1.14207>
- Minh, T. X., Thanh, N. C., Thin, T. H., Tieng, N. T., & Giang, N. T. H. (2021). Effects of plant density and row spacing on yield and yield components of peanut (*Arachis hypogaea L.*) on the coastal sandy land area in Nghe an province, Vietnam. *Indian Journal of Agricultural Research.*, 55(4), 468-472. <https://arccjournals.com/journal/indian-journal-of-agricultural-research/A-614>

- Montero Torres, J. (2020). Importancia nutricional y económica del maní (*Arachis hypogaea* L.). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(2), 112-125. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2409-16182020000200014&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Munger, P., Bleiholder, H., Hack, H., Heß, M., Stauss, R., van den Boom, T., & Weber, E. (1998). Phenological Growth Stages of the Peanut Plant (*Arachis hypogaea* L.): Codification and description according to the BBCH Scale. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 180(2), 101-107. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1998.tb00377.x>
- Paredes, J. M., Terroba, N., Merma, J. Q., & Halanoca, F. S. (2024). Respuesta de pastizales naturales degradados a la revegetación y la aplicación de estiércol de ovino. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 26(2), 86-93. <https://doi.org/10.18271/ria.2024.623>
- Peña Calzada, K., Viciado, D., Olivera Habermann, E., Hurtado, A. C., Gratão, P. L., Prado, R. D. M., Lata-Tenesaca, L. F., Martínez, C. A., Ajila Celi, G. E., & Rodríguez, J. C. (2022). Exogenous Application of Amino Acids Mitigates the Deleterious Effects of Salt Stress on Soybean Plants. *Agronomy*, 12(9), 2014. <https://doi.org/10.3390/agronomy12092014>
- Peña Calzada, K., Calero Hurtado, A., Viciado, D., Rodríguez, J., Fernandes, T., García, R., & Ajila, G. (2021). Respuesta agroproductiva de *Zea mays* L., con la aplicación foliar de VIUSID agro®. *Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia*, 38(3), 573-584. [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v38.n3.06](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n3.06)
- Peña Calzada, K. P., Rodríguez, J. C., Olivera, D., Orellana, N. L., & Lugones, Y. (2017). Efecto de un promotor del crecimiento en el comportamiento productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Avances en Investigación Agropecuaria*, 21(1), 35-45.
- Peña Calzada, K., Rodríguez, J. C., Olivera, D., Fuentes, P. F., & Meléndrez, J. F. (2016). Prácticas agrícolas sostenibles que incrementan los rendimientos de diferentes cultivos en Sancti Spiritus, Cuba. *Agronomía Costarricense*, 40(2), 117-127. <https://doi.org/10.15517/rac.v40i2.27391>
- Quintero, E., Calero, A., Pérez, Y., & Enríquez, L. (2018). Effect of different biostimulants in the yields of common beans. *Centro Agrícola*, 45(3), 73-80.
- Repke, R. A., Silva, D. M. R., dos Santos, J. C. C., & de Almeida Silva, M. (2022). Alleviation of Drought Stress in Soybean by Applying a Biostimulant based on amino acids and macro- and micronutrients. *Agronomy*, 12(10), 2244. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102244>
- Ríos-Hilario, J. J., Maldonado-Peralta, M. de los Á., RojasGarcía, A. R., Hernández-Castro, E., Sabino-López, J. E., & Segura-Pacheco, H. R. (2023). Comportamiento productivo del cultivo de soya variedad

- salcer a diferentes densidades de población y momentos de cosecha. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46(1), 3-10. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.1.3>
- Silva, A. L. da, Cordeiro, R. S., & Rocha, H. C. R. da. (2022). Aplicabilidade de Microrganismos Eficientes (ME) na Agricultura: Uma revisão bibliográfica. *Research, Society and Development*, 11(1), e32311125054. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.25054>
- Simón, L. A. Y., Hurtado, A. C., Pérez, W. B. V., & Carvalho, L. B. de. (2023). Influencia de altas densidades de plantas en la productividad de la soya. *Universidad & Ciencia*, 12(3), 32-43. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8371518>
- Villagaray-Lizana, Y. M., Jorge-Ruiz, J. J., Avila-Galvez, J. J., Condori-Hinostroza, S. D., & Yzarra-Aguilar, A. (2021). Estiércol Ovino en el Rendimiento de *Solanum tuberosum*: Sheep Manure on the Yield of *Solanum tuberosum*. *Scientific Research Journal CIDI*, 1(2), 196-202. <https://doi.org/10.53942/srjcidiv1i2.60>