



**UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS**

**“José Martí Pérez”**

***Facultad de Ciencias Agropecuarias***

***Departamento de Agronomía***



**CARRERA: INGENIERÍA EN PROCESOS AGORINDUSTRIALES**

**TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO EN PROCESOS  
AGORINDUSTRIALES**

**Aplicación del bioestimulante Microorganismos Eficientes aumenta el  
crecimiento y rendimiento del girasol**

**Bio-stimulant application of Efficient Microorganisms increases the sunflower  
growth and yield**

***Autor: Osmany Molina Darías***

***Tutor: Dr. C. Alexander Calero Hurtado***

**Sancti Spíritus, 2024**

***Copyright©UNISS***

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, y se encuentra depositado en los fondos del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación “Raúl Ferrer Pérez” subordinada a la Dirección de General de Desarrollo 3 de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su publicación bajo la licencia siguiente:

Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Derivar 4.0 Internacional

**Atribución- No Comercial- Compartir Igual**



Para cualquier información contacte con: Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación “Raúl Ferrer Pérez”. Comandante Manuel Fajardo s/n, Olivos 1. Sancti Spíritus. Cuba. CP. 60100 Teléfono: 41-334968

## **Dedicatoria**

A todos los profesores que de una forma u otra durante todos estos años han estado en esta maravillosa carrera a mi esposa e hijo los cuales los he desentendido un poco por estar concentrado en este proyecto a mis padres por ser los que me inculcaron los valores que tengo para poder desarrollarme profesionalmente a la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández, a todas gracias por su comprensión y estima...

## **Agradecimientos**

Deseo dejar patente mi agradecimiento a Alexander Calero Hurtado, quien no solo fue mi tutor sino también por haberme introducido en este mundo tan bonito de la investigación de los cultivos del girasol.

A las diferentes personas (familiares, compañeros de trabajo y amigos en general) quienes con su pregunta ¿Cómo va la tesis?, siempre me dieron el impulso y me comprometieron para seguir adelante hasta alcanzar esta meta.

Deseo hacer una mención especial a los profesores Antonio Ramírez Valle y Hugo Cruz de la Paz quienes me ayudaron en esta etapa final de la carrera, a los directivos de la Empresa Agroindustrial Azucarera Melanio Hernández en especial a su director Antonio Viamontes Perdomo por todo el apoyo brindado para la elaboración de este proyecto.

Por último, agradecemos al proyecto “Creación de capacidades para la producción escalonada de oleaginosas y aceites comestibles sobre bases agroecológicas” que propicio el desarrollo de la investigación, por lo tanto, “La investigación que da origen a los resultados presentados en la presente publicación recibió fondos de la Oficina de Gestión de Fondos y Proyectos Internacionales bajo el código PN211LH012-36”

A todos mis más sinceros agradecimientos por el apoyo y fortaleza que siempre me dieron.

## RESUMEN

El empleo de bioestimulantes combinados con densidades de plantas (DP) adecuadas puede ser una alternativa viable y económica para la producción de girasol (*Helianthus annuus* L.). Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos combinados de dos densidades de plantas y diferentes concentraciones del bioestimulante Microorganismos eficientes (ME-50<sup>®</sup>) en el crecimiento y rendimiento del girasol. Para ello, se realizó un experimento en condiciones de campo, distribuido en parcelas divididas, en un diseño en bloques al azar con tres réplicas en la empresa Agropecuaria de Tuínucu, Taguasco, Sancti Spíritus, Cuba. Las parcelas principales fueron conformadas por las densidades de plantas de 20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup> y las parcelas secundarias por tres concentraciones del bioestimulante Microorganismos eficientes (sin ME-50<sup>®</sup>, 100 y 200 mL m<sup>-2</sup>). Los resultados mostraron que las DP influyen directamente en el crecimiento del girasol y la DP de 40000 plantas ha<sup>-1</sup> favorece la altura de la planta, mientras que, la DP de 20000 plantas ha<sup>-1</sup> influye en el número de hojas y el contenido de clorofila. Paralelamente, la dosis de 100 mL m<sup>-2</sup> de ME-50<sup>®</sup> estimuló aún más el crecimiento de las plantas en ambas DP. Los hallazgos de este estudio indican que el cultivo del girasol es favorecido por la DP de 40000 plantas ha<sup>-1</sup> y la dosis de 100 mL m<sup>-2</sup> de ME-50<sup>®</sup> y pueden considerarse una estrategia local y agroecológica para aumentar la producción sostenible de este cultivo.

**Palabras clave:** Bioestimulantes, Densidad de población, *Helianthus annuus*, Microorganismos benéficos, Productividad.

## ABSTRACT

The use of bio-stimulants combined with adequate plant densities (PD) can be a viable and economic alternative for sunflower (*Helianthus annuus* L.) production. Therefore, the objective of this research was to evaluate the combined effects between plant density and different concentrations of the bio-stimulant Efficient Microorganisms (ME-50<sup>®</sup>) on sunflower growth and yield. For this purpose, an experiment was carried out under field conditions, distributed in split-plots, in a randomized block design with three replications at the Tuínucu Agricultural Enterprise, Taguasco, Sancti Spíritus, Cuba. The main plots were made up of plant densities of 20,000 and 40,000 plants ha<sup>-1</sup> and the secondary plots by three concentrations of the bio-stimulant ME-50<sup>®</sup> (without ME-50<sup>®</sup>, 100- and 200-mL m<sup>-2</sup>). The results showed that DP directly influences in the sunflower growth and the DP of 40,000 plants ha<sup>-1</sup> favors the plant height, while the DP of 20,000 plants ha<sup>-1</sup> influences in leaves number and chlorophyll content. In parallel, the dose of 100 mL m<sup>-2</sup> of ME-50<sup>®</sup> further stimulated plant growth in both DP. The findings of this study indicate that sunflower cultivation is favored by the DP of 40,000 plants ha<sup>-1</sup> and the dose of 100 mL m<sup>-2</sup> of ME-50<sup>®</sup> and can be considered a local and agroecological strategy to increase the sustainable production of this crop.

**Keywords:** Biostimulants, Population density, *Helianthus annuus*, Benefic microorganisms, Productivity.

# ÍNDICE

## Contenido

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I. REVISIÓN BILIOGRÁFICA .....	4
1.1 Origen e importancia del girasol.....	4
1.2 Producción mundial y nacional.....	4
1.3 Taxonomía del girasol .....	5
1.4 Descripción morfológica de la planta .....	5
1.6 Fertilización en el cultivo del girasol.....	11
1.7 Beneficios de la aplicación del bioestimulante Microorganismos eficientes .....	11
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS .....	16
2.1 Localización del experimento y material vegetal .....	16
2.2 Diseño experimental .....	18
2.3 Aplicación del bioestimulante ME-50® .....	18
2.4 Labores agrotécnicas.....	19
2.5 Determinación de las variables .....	19
2.5.1 Parámetros del crecimiento .....	19
2.5.2 Parámetros productivos .....	19
2.6 Análisis de los datos .....	20
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
3.1 Efecto de los tratamientos en el crecimiento de las plantas de girasol .....	21
3.2 Efecto de los tratamientos en la productividad de las plantas de girasol.....	27
CONCLUSIONES.....	32
RECOMENDACIONES .....	33

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la producción agrícola tiende a encontrar fuentes bioestimulantes amigables con el medio ambiente, que promuevan el desarrollo y productividad de los cultivos, brindando así una producción alimentaria saludable, considerando el incremento de la población mundial, evitando de esta manera el uso progresivo de fertilizantes procedentes de las industrias químicas que a largo plazo contaminan los recursos naturales necesarios para cultivar (D'Addabbo et al., 2019). El cultivo del girasol es gran interés comercial por la composición de su semilla en el uso industrial para la obtención de aceite y las cualidades que posee su inflorescencia, que detalla colores amarillos y anaranjados que son de gran demanda en el mercado ornamental de varios países (Zapletalová et al., 2023).

El deterioro constante por parte del ser humano de los agroecosistemas es un problema crítico que se ha ido incrementando en el transcurso de los años, es por esto que se busca utilizar productos bioestimulantes que substituyan el uso excesivo de agroquímicos que afectan de una forma considerable los recursos naturales y el estado de salud de los productores agrícolas (Bracken et al., 2023). Sin embargo, las plantas están frecuentemente expuestas al cambio climático, lo que aumenta una amplia gama de diversos tipos de estrés ambiental, especialmente el estrés biótico y abiótico en todo el mundo, lo que lleva a una disminución de la productividad de los cultivos (Andrade et al., 2023).

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 (Simón et al., 2023). El patrón espacial del cultivo es otro factor agronómico que puede afectar el rendimiento del girasol 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 (Carciochi et al., 2019).

El desarrollo de la productividad del girasol está condicionado al período de cosecha, densidad, espaciamiento de siembra, genotipo, fertilidad del suelo y disponibilidad hídrica (Seibert et al., 2024). Asimismo, las densidades de plantas modifican la productividad del girasol en dependencia del ciclo de la variedad, cultivar o híbrido (Andriienko et al., 2020). También, la densidad es significativa para aumentar el peso de las semillas, el tamaño del capítulo y el crecimiento



(Rezaizad et al., 2022). Además, la producción de biomasa de área en el girasol es altamente dependiente de la densidad de plantas (Friedman, 2024). Igualmente, la densidad de plantación desempeña un rol fundamental para la producción de flores cortadas de alta calidad y características deseables es un factor clave en el cultivo del girasol (Mladenović et al., 2020).

El uso de bioestimulantes también 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. 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-50<sup>®</sup> han sido observados en diferentes especies de plantas C3, como arroz (Calero Hurtado et al., 2020), pepino (Hurtado et al., 2023), habichuela (Hurtado, Díaz, et al., 2020) y frijol (Calero-Hurtado et al., 2022, 2023), pero hasta la fecha se desconocen los efectos en el desarrollo del girasol. Por lo tanto, el conocimiento de la mejor estrategia de suministro del bioestimulante ME-50<sup>®</sup> puede ayudar a minimizar el desequilibrio nutricional y favorecer el crecimiento y productividad del girasol

### **Situación problemática**

Basado en los supuestos anteriores y los insuficientes conocimientos en el manejo del cultivo del girasol, se desconocen los efectos individuales y combinados de la densidad de plantas y la aplicación del bioestimulante ME en las respuestas del crecimiento y rendimiento del girasol en época poco lluviosa en las condiciones edafoclimáticas de la empresa Agropecuaria de Tuínucu, municipio Taguasco, provincia Sancti Spíritus, Cuba.

**Problema científico**

¿Cuál será la influencia de la combinación entre densidad de planta y el bioestimulante ME-50<sup>®</sup> en el crecimiento y el rendimiento del girasol en época de siembra poco lluviosa?

**Objeto de estudio**

Densidad de plantas y aplicación del bioestimulante ME-50<sup>®</sup>

**Campo de acción**

Crecimiento y el rendimiento del girasol

**Hipótesis**

El manejo entre la densidad de planta y el bioestimulante ME-50<sup>®</sup> pueden ser una alternativa eficiente y económica para modificar los parámetros del crecimiento y el rendimiento del girasol en época de siembra poca lluviosa.

**Objetivo general**

Evaluar los efectos de la densidad de siembra y la aplicación del bioestimulante ME-50<sup>®</sup> en el crecimiento y rendimiento del girasol en época de siembra poca lluviosa.

**Objetivos específicos**

✓ Determinar por criterio de expertos la viabilidad de la utilización de diferentes densidades de población y la aplicación del bioestimulante ME-50<sup>®</sup> en la producción de girasol en época poca lluviosa.

✓ Comparar los efectos de diferentes densidades de población y la aplicación del bioestimulante ME-50<sup>®</sup> en el incremento del crecimiento y el rendimiento del girasol en época de siembra poca lluviosa.

## **CAPÍTULO I. REVISIÓN BILIOGRÁFICA**

### **1.1 Origen e importancia del girasol**

El girasol data su origen a 3000 a. C. en los países de México y Estados Unidos, perteneciente a la familia de las Asteráceas, es un cultivo anual de fácil adaptación a distintas condiciones climáticas y tipos de suelo, con gran tolerancia a la sequía por las características que presenta en su metabolismo, perteneciendo a las plantas C3, su requerimiento hídrico es reducido, necesitando (600mm a 1200mm) anuales, su requerimiento nutricional es de poca exigencia, convirtiéndolo en un cultivo rentable para su producción. Esta planta era muy utilizada por tribus indias norteamericanas, quienes molían la semilla y la utilizaban para hacer tortas en forma de pan. A veces mezclaban las semillas con habas, calabaza o maíz. Es posible que también fabricaran un aceite que utilizaran en la elaboración del pan (Bye et al., 2009).

Hacia el año 1500 esta flor exótica fue llevada a Europa Occidental donde su uso fue como elemento ornamental y en ocasiones como medicinal. El girasol llegó a ser un cultivo muy común en el siglo XVIII en Rusia, y la mayor parte de este esfuerzo se debió a Pedro el grande, Zar de Rusia, entre 1689 y 1725. En esta época el uso de la planta era ornamental y fue en 1769 según datos históricos, en que se utilizó para la producción de aceite de girasol. A finales del siglo XX las semillas de girasol de origen ruso regresan a Estados Unidos. Al poco tiempo en que se había introducido la planta, se cultivaban en los Reales Jardines Botánicos de Madrid (Cantamutto et al., 2010).

Las características botánicas que presenta este cultivo son de gran interés comercial por la composición y cualidades que posee su inflorescencia, que detalla colores amarillos y anaranjados que son de gran demanda en el mercado ornamental del país, así como la composición de su semilla en el uso industrial para la obtención de aceite. El girasol es una especie de gran importancia a nivel mundial por su alto contenido de aceite, el cual es de alta calidad y alto contenido proteico; además, el resto de la planta puede utilizarse como forraje y se considera que es un cultivo con bajos requerimientos de producción (Rezaizad et al., 2022).

### **1.2 Producción mundial y nacional**

En la campaña 2021/2022 se produjeron en el mundo aproximadamente 19,8 millones de toneladas métricas de aceite de girasol. Se estima que durante la temporada 2022/2023 este volumen sea mayor, situándose en torno a los 20,4 millones (Statista, 2023). La superficie de semillas de girasol en Ucrania asciende a 6,5 millones de hectáreas, lo que supondría un incremento del 8% respecto

al año anterior. Así, se estima una cosecha de 15,3 millones de toneladas, lo que representa cerca de un 9% más que el año anterior. La producción rusa para la campaña 2023/24 se espera que llegue a un máximo de 16,4 millones de toneladas por segundo año consecutivo. De cumplirse la previsión, Rusia seguirá siendo el mayor proveedor mundial de semillas de girasol. En Rumanía se sembraron 1,25 millones de hectáreas y 700.000 en Bulgaria. Francia estima una superficie cercana a 868.000 ha, siendo el mayor país productor de girasol alto oleico, con un 80% frente al 20% de girasol convencional alto linoleico. Hungría en 2023 sembró alrededor de 780.000 ha (FAOSTAT, 2023).

Los principales países productores de girasol son, en orden de importancia: Rusia, Ucrania, Argentina, India, China, Rumania y EU. En conjunto, estos países sumaron el 72 por ciento del total de la producción mundial de girasol, pero destaca Rusia, que aporta el 23 por ciento de la producción de esta oleaginosa a nivel mundial. En los últimos años, se registró una disminución de la producción mundial con una tasa de crecimiento negativa de 8.8 por ciento (ASAGIR, 2024).

En Cuba, el grano entero de girasol de las variedades en uso puede contener entre 20 y 27 % de proteína bruta y un alto por ciento de aceite en sus semillas. La producción Agroecológica de cultivares de Girasol es, una práctica agrícola, muy utilizada por todos los productores (Lorenzo et al., 2018).

### **1.3 Taxonomía del girasol**

La clasificación taxonómica del girasol está catalogada de la siguiente manera.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Género: *Helianthus*

Especie: *Helianthus annuus* L.

### **1.4 Descripción morfológica de la planta**

El girasol, según Carrillo Criollo et al. (2022) es una especie anual, robusta, de gran desarrollo en todos sus órganos, presenta gran variabilidad en sus formas cultivada y silvestre, se caracteriza por presentar una alta tolerancia al frío y al déficit de humedad edáfica y sus características morfológicas se presentan a continuación.

#### ***1.4.1 Raíz***

Está formada por una raíz principal pivotante, que se extiende (dependiendo de las condiciones físicas y de humedad del suelo) hasta 4 metros de profundidad. Sobre esta raíz principal se desarrollan otras raíces de primer y segundo orden. Las de primer orden se caracterizan por extenderse superficialmente (paralelas al suelo), hasta una distancia de 10 a 40 cm, para luego hundirse. Así forma una red de raíces que exploran vertical y horizontalmente el suelo en busca de humedad y elementos nutritivos. Las raíces tienden a profundizarse más en periodos de sequía que en condiciones de buena humedad. En este caso, el desarrollo es superficial y pueden formarse, desde el cuello de la planta, raíces adventicias (Carrillo Criollo et al., 2022).

#### ***1.4.2 Tallo***

Es de consistencia semileñosa y maciza en su interior, siendo cilíndrico y con un diámetro de 2 a 6 cm y una altura hasta el capítulo de 0.4 a 2 m. La parte exterior del tallo es rugosa, asurcada y vellosa; excepto en su base. En la madurez el tallo se inclina en la parte terminal debido al peso del capítulo (Carrillo Criollo et al., 2022).

#### ***1.4.3 Hojas***

Son alternas, pecioladas, grandes, trinervadas, acuminadas, dentadas y de áspera vellosoidad tanto en el haz como en el envés. El número de hojas varía entre 12 y 40, según las condiciones de cultivo y la variedad. Las hojas miden de 7 a 20 cm de largo por 4 a 20 cm de ancho, con el ápice acuminado y bordes aserrados (Carrillo Criollo et al., 2022).

#### ***1.4.4 Inflorescencia***

Es una cabezuela o capítulo rodeado de un grupo de brácteas de color verde. Flores de la periferia unisexuales pistiladas, corola ligulada de color amarillo o naranja que van de 3 a 6 cm de largo. Las flores del disco son bisexuales con corolas tubulares de 8 mm de largo y de color amarillo además presenta el cáliz modificado en una estructura bracteoide que persiste en la semilla. La floración abarca desde, la apertura de la flor por completo hasta que los granos alcanzan su máximo peso seco. La duración de la floración en girasol es de 7 a 10 días, depende principalmente de la variedad y de la temperatura (Carrillo Criollo et al., 2022).

#### ***1.4.5 Semilla***

La semilla o fruto del girasol consiste en un aquenio, a menudo en la semilla se adhiere el pericarpio, usualmente llamado cáscara. A falta de fertilización, los aquenios estarán vacíos. Las

semillas varían de 7 a 25 mm de largo y de 4 a 13 mm de ancho. Pueden ser lineales, ovales o casi redondos (Carrillo Criollo et al., 2022).

## **1.5 Condiciones edáficas y climáticas para el cultivo de girasol**

### ***1.5.1 Suelo***

El cultivo de girasol tiene gran adaptabilidad a varios tipos de suelo, siendo el arcilloso-arenoso el mejor tipo de suelo para el desarrollo del cultivo, gracias a la raíz pivotante que posee tiene la capacidad de explorar profundamente el suelo y aprovechar de mejor forma los nutrientes disponibles, extrayendo en mayor cantidad el nitrógeno, fósforo, potasio, macroelementos necesarios para su desarrollo normal, no es un cultivo que requiera un suelo con fertilidad elevada, el girasol no es muy tolerante a la salinidad presente en el suelo, ni suelos con alcalinidad elevada que pueda imposibilitar la asimilación de elementos como el hierro (Mehta et al., 2024).

### ***1.5.2 pH***

El pH del suelo juega un papel muy importante en la asimilación de nutrientes por parte del cultivo de girasol, pero cabe destacar que el rango de pH que tolera el cultivo, varía de 5,8 a 8, pero el rango adecuado para el correcto desarrollo vegetativo del girasol oscila entre un pH de 7 a 7,5 (Kalenska et al., 2020).

### ***1.5.3 Temperatura***

El girasol es un tipo de cultivo que se adapta a distintos grados de temperatura, para que la semilla pueda germinar necesita de 5 °C constantes en el transcurso de 24 horas, temperaturas menores pueden ocasionar un porcentaje de germinación reducido, el cultivo de girasol es de gran adaptabilidad a un buen rango de temperaturas, dependiendo la zona geográfica donde se encuentre el cultivo, que oscila desde los 13 a 30 °C, una temperatura inferior a este rango puede ocasionar que la apertura del capítulo tenga un retraso considerable y en el caso de una alta temperatura ocasiona situaciones de estrés y a su vez dañar el ápice de la planta, provocando ramificación en los brotes laterales (Alberio et al., 2015).

### ***1.5.4 Fotoperíodo y luz***

El fotoperíodo actúa en la aparición de hojas, tiempo de apertura del capítulo, desarrollo y crecimiento del vegetal, la duración del día influye en el tiempo de desarrollo del cultivo hasta la aparición del receptáculo, en donde el factor fotoperiódico ya no influye, el tiempo y cantidad de luz que recibe el cultivo se vuelve primordial en el factor energético y producción de biomasa, el

girasol es una planta aficionada a la luz y es catalogada por su metabolismo en las plantas C3 (Soleymani, 2017).

### ***1.5.5 Humedad***

Debido a que el coeficiente de transpiración del girasol es elevado, consume una importante cantidad de agua, más aún cuando se encuentra en etapa de floración y llenado de la semilla, el girasol es muy resistente a condiciones de sequía, gracias a su sistema radicular, el cual tiene capacidad de introducirse en la profundidad de las capas del suelo aprovechando la humedad contenida, y gracias a la pubescencia presente en sus órganos vegetativos puede soportar altas temperaturas, las necesidades hídricas dependen de las etapas fenológicas que presente el cultivo de girasol, en la etapa de desarrollo necesita de un 23% de la cantidad de agua, pero para la formación del capítulo y la semilla necesita de un 60% etapa en la cual necesita mayor cantidad de agua y se reduce con un 17% en la etapa de maduración del cultivo (Seiler, 2022).

### ***1.5.6 Siembra y densidad de plantas***

La siembra del girasol depende de las condiciones climáticas que posee cada región y las condiciones de suelo, pero puede realizarse en cualquier época del año, si es posible coincidiendo en el tiempo que exista mayor pluviosidad, la siembra consiste en la distribución de la semilla al voleo en el campo abierto cubriéndola con una ligera capa de suelo, pero actualmente y debido a las grandes extensiones de siembra del cultivo de girasol se utilizan sembradoras de monogramo que ubican la semilla en el suelo a una separación y profundidad considerable para la posterior germinación y emergencia (Alberio et al., 2015).

La siembra indirecta o trasplante del cultivo de girasol, se lleva a cabo realizando el almacigo, donde se dará lugar a su germinación en el transcurso de dos a tres semanas, posterior a esto se trasladarán las plantas al terreno definitivo para realizar el trasplante, para conseguir un desarrollo vegetativo ideal por parte del cultivo, al momento de trasplantar es recomendable hacerlo en medidas de 15 cm entre planta y 20 cm entre hileras, esto para obtener un mejor desarrollo y poder realizar labores de deshierba y fertilización (Sher et al., 2018).

El comportamiento del cultivo de girasol variedad Caburé-15 en siembras realizadas a 0.25 m entre plantas y a 0,50; 0,70; 0,90 y 1,10 m entre hileras en un suelo Gley Vértico, se realizó en áreas de campo de la Estación Territorial de Investigaciones de Granos “Sur del Jíbaro”, Sancti Spíritus, Cuba, durante la campaña de primavera 2017. Se obtuvo que bajo las condiciones de este tipo de suelo el mejor comportamiento se logró cuando la variedad Caburé-15 a una distancia entre hileras

de 0.50 m, con un valor de rendimiento agrícola de 2.36 t ha<sup>-1</sup> disminuyendo paulatinamente este parámetro a 1.63, 1.36 y 1.18 t/ha-1 en las distancias entre hileras de 0.70, 0.90 y 1.10 m respectivamente. En la medida que se incrementó la distancia entre hileras aumentó el grosor del tallo, el diámetro del capítulo, así como, el número y peso de semillas por capítulo, sin embargo, la longitud de los tallos disminuyó (Rodríguez et al., 2018).

La densidad de plantación óptima para la producción de flores cortadas de alta calidad y características deseables es un factor clave en el cultivo del girasol. La evaluación de 25 genotipos ornamentales de girasol de un solo tallo a diferentes densidades de población de 160 000, 90 000 y 60 000 plantas ha<sup>-1</sup>, exhibieron un efecto más importante en la circunferencia del tallo, el diámetro de la flor y la longitud del tallo y un pequeño efecto en el tiempo de floración. Los resultados demostraron que sobre la base del escalado centrado en el medio ambiente, los entornos de altas densidades podrían ser adecuados para la producción de genotipos de girasol de un solo tallo (Mladenović et al., 2020).

Los estudios de campo realizados en 2018-2019 en la estepa norte de Ucrania revelaron que las densidades de plantas desempeñan un factor importante en dependencia de edad de cosecha, de las densidades de 55 000 a 70.000 plantas ha<sup>-1</sup> provocaron disminuciones en la productividad de 0,11 t ha<sup>-1</sup> y 0,9% en el contenido de aceite. En los híbridos de cosecha medio-temprano, la productividad disminuyó 0,21 t ha<sup>-1</sup> en las densidades de 55 000 a 70.000 plantas ha<sup>-1</sup>, sin embargo, los híbridos de cosecha tardía en la densidad de 70.000 plantas ha<sup>-1</sup>, la productividad aumentó en 0,14 t ha<sup>-1</sup> (Andriienko et al., 2020).

En algunas regiones de la provincia de Kermanshah, el girasol (cultivar local Songhori) se cultiva con una densidad muy baja (1-3 plantas por metro cuadrado). El propósito de evaluar siembras de 60 cm entre hileras y de 20, 40 y 60 cm entre plantas reveló que, al aumentar la densidad, el diámetro del tallo, el diámetro de la cabeza, el número y el peso de las semillas por cabeza y el peso de 1000 semillas y el porcentaje hueco de la cabeza, se aumentó el número de días hasta la floración. El mayor y menor rendimiento de grano perteneció a espaciamientos entre plantas de 40 cm y 20 cm con 4599 y 3538 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Rezaizad et al., 2022).

El girasol se ha convertido en un cultivo importante tanto para los agricultores en Sudán y se considera el cultivo comercial más importante del país. La investigación de la influencia de tres espaciamientos entre plantas (10 cm, 20 cm y 30 cm) revelaron que el espaciamiento entre hileras de 30 cm tuvo un diámetro de tallo más grueso, un mayor número de semillas por cabeza, peso de



100 semillas, rendimiento de semillas por planta y rendimiento final de semillas (3,34 t ha<sup>-1</sup>) (Ibrahim et al., 2023).

Los efectos de dos densidades de plantas (15 y 30 plantas m<sup>-2</sup>) se evaluaron en condiciones de campo para evaluar los efectos en la productividad y calidad de flores cortadas de girasol cv. Jardim Amarelo Alto. Los resultados indicaron que la densidad de 15 plantas m<sup>-2</sup> resultó ser más eficiente, presentando plantas de estándar de comercialización en relación a la densidad de 30 plantas m<sup>-2</sup> (Antoniacomini et al., 2023).

La densidad de siembra desempeña un factor importante en la producción de biomasa (materia seca) en el cultivo del girasol. Un meta análisis mostró que la producción de biomasa de la parte aérea de las plantas de girasol es altamente dependiente de la densidad de siembra (Friedman, 2024). La densidad de plantas es efectiva para mejorar el rendimiento de la semilla. El estudio de campo durante dos años (2019 y 2020) en Tandojam, evaluó tres espaciamientos de plantas de girasol, recomendada (55.555 plantas ha<sup>-1</sup>), alta densidad (66.666 plantas ha<sup>-1</sup>) y ultra alta densidad (83.333 plantas ha<sup>-1</sup>). Los resultados mostraron que la densidad recomendada (55.555 plantas ha<sup>-1</sup>) produjo mejores resultados basados en plantas individuales, pero debido a la menor población de plantas el rendimiento fue menor que las otras dos densidades (alta densidad y ultra alta densidad), el rendimiento general de semillas fue mayor en siembras de alta densidad comparados con las densidades recomendada y ultra alta. La ultra alta densidad no resultó beneficioso debido a la población de plantas abarrotada donde el índice de cosecha se volvió deficiente pero el rendimiento biológico aumentó con respecto a la densidad recomendada (Raj et al., 2024).

La adaptabilidad y estabilidad de 14 genotipos de girasol en la región Noroeste de RS, Brasil se evaluó en dos espaciamientos entre hileras (0,45 y 0,90 m) en la cosecha 2019/2020. El espaciamiento de 0,90 m proporcionó un mayor tamaño de capítulo, pero mostró disminuciones en el rendimiento de 0,64 t ha<sup>-1</sup> en comparación con el espaciamiento de 0,45 m. El espaciamiento entre hileras no influyó en las variables altura de planta y diámetro de tallo para los diferentes cultivares de girasol (Seibert et al., 2024).

### ***1.5.7 Ciclo productivo***

El ciclo vegetativo que presenta el cultivo de girasol depende de algunos factores que influyen en el transcurso del ciclo, como la variedad, la temperatura y las horas luz en el día, por lo general el ciclo del cultivo varía entre 90 a 110 días, pero en variedades precoces el ciclo varía entre los 65 a 90 días, desde la siembra hasta la cosecha (Alberio et al., 2015).

## **1.6 Fertilización en el cultivo del girasol**

El cultivo de girasol tiende a adentrarse en los perfiles más profundos del suelo gracias al sistema radicular que posee, extrayendo los nutrientes que se encuentren disponibles en estas capas, por lo que el requerimiento nutricional que se debe incorporar no es tan elevado, no obstante, es preciso realizar un análisis de suelo para poder incorporar al suelo los nutrientes necesarios, ya que el cultivo es exigente tanto en nitrógeno, fósforo y potasio (NPK), macronutrientes esenciales en la etapa de crecimiento del cultivo, la demanda nutricional del girasol también exige elementos como el boro y molibdeno (Farweez et al., 2020; Modanlo et al., 2021).

Las plantas requieren tres elementos nutritivos principales para tener una buena calidad: nitrógeno que promueve el follaje sano, el fósforo que promueve las flores y el potasio que está para las raíces fuertes y el vigor total. Cuando las plantas de girasol están en la etapa del crecimiento, antes de que sus flores comiencen a formar se puede promover crecimiento del follaje fertilizando con un producto químico o un fertilizante orgánico que tenga una secuencia de 20-10-10. Una vez que las plantas comienzan a formar las flores se deberá cambiar su fertilización con un producto con una fórmula de 10-20-10 (Abed & Zeboon, 2020).

## **1.7 Beneficios de la aplicación del bioestimulante Microorganismos eficientes**

Los Microorganismos eficientes (ME) es una tecnología desarrollada por el profesor Teuro Higa, basada en una mezcla microbiana de diferentes géneros de microorganismos (bacterias, hongos, levaduras, entre otros). Esta tecnología es actualmente aplicada en diversos procesos agropecuarios y medioambientales y empleada en más de 80 países (Silva et al., 2022). El principio fundamental de esta tecnología consiste en la introducción de un conjunto de microorganismos benéficos, que permiten mejorar las propiedades del suelo (Avila et al., 2021). La utilización de los ME ha resultado favorable para la agricultura, porque su introducción ha favorecido y beneficiado a los agricultores (María Andrea & José Ramón, 2016). Este bioestimulante o fitoestimulante puede aplicarse vía suelo o semilla, vía foliar o la combinación de ambas (Calero-Hurtado, Díaz, et al., 2019).

Un experimento en condiciones se desarrolló para evaluar los efectos de la aplicación foliar de diferentes concentraciones (0, 50, 100 y 200 mg L<sup>-1</sup>) del bioestimulante Microorganismos eficientes en la respuesta morfológica y productiva de dos variedades (Velazco largo y Cuba cueto) de frijol común, entre los meses de noviembre de 2012 a febrero de 2013. Los resultados que la

aplicación foliar del incrementó la productividad en 1,13 t ha<sup>-1</sup> en el cultivar VLR y 1,15 t ha<sup>-1</sup> en el CC-25-9-N con respecto al control sin aplicación (Calero-Hurtado et al., 2018).

La evaluación de diferentes bioestimulantes [(Microorganismos Eficientes (ME-50), ME-Agitado y LEBAME, FitoMas-E, Biobras-16<sup>®</sup> y un control (sin aplicación)] en la productividad del frijol común var. Bat-304, se realizó de noviembre de 2014 a febrero de 2015 en condiciones de campo. Los resultados revelaron que la aplicación foliar de los bioestimulantes ME-50 y Biobras-16<sup>®</sup>, produjeron rendimientos promedios de 2,01 y 2,00 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Quintero Rodríguez et al., 2018).

La utilización del bioestimulante Microorganismos eficientes en el cultivar Su Yi Sung de pepino mostró que la inoculación al suelo y aplicaciones foliares con Microorganismos eficientes a 100 mL L<sup>-1</sup> aumentó el número de hojas, número de flores femeninas, cantidad de frutos por planta, longitud de frutos (cm), masa de los frutos (g) y el rendimiento (kg m<sup>-2</sup>) e comparación a la inoculación o aplicación foliar individual (Hurtado, Rodríguez, et al., 2019).

Los efectos de la inoculación al suelo con el bioestimulante Microorganismos eficientes se evaluó en dos experimentos en condiciones de campo de octubre de 2014 a abril de 2015 en dos épocas de siembra en las respuestas morfoproductivas del frijol común (var. Velzco largo). Los hallazgos de esta investigación evidenciaron que este bioestimulante incremento el número de hojas por planta, la masa seca, cantidad de legumbre por planta, promedio de granos por legumbre, la masa de 100 granos y el rendimiento fue 1090,0 kg ha<sup>-1</sup> en época intermedia y 660,0 kg ha<sup>-1</sup> en la tardía en relación al tratamiento sin aplicación (Calero-Hurtado, Quintero-Rodríguez, et al., 2019).

La aplicación de diferentes formas de aplicación del bioestimulante Microorganismos eficientes [sin ME (0), al surco (100 mg/L), foliares (100 mg/L) y la asociada (surco más la foliar)] fue evaluada en el cv. Cuba cueto de frijol común en condiciones de campo de 2012 a febrero de 2013. Los resultados expusieron que la aplicación asociada vía surco más la vía foliar de este bioestimulante comparadas con las otras formas incrementó los parámetros morfológicos y productivos evaluados, como la producción de hojas, la altura de la planta, las legumbres por planta, los granos por legumbre, la masa de 100 semillas y el rendimiento del grano más del doble en relación con el tratamiento control (Calero-Hurtado, Díaz, et al., 2019).

El efecto de tres bioestimulantes ME-50 (50 mL L<sup>-1</sup>), humus lixiviado, (100 mL L<sup>-1</sup>), Biobras-16 (0,012 L ha<sup>-1</sup>) y un control se evaluó en el cultivo del rábano cultivado en condiciones de organoponía, durante los meses de febrero a abril del 2016. Los hallazgos de esta investigación demostraron que la aplicación de los tres bioestimulantes benefició la producción del cultivo del

rábano porque favoreció el incremento de la producción media de hojas por planta, en el diámetro de las raíces, la producción de biomasa y el rendimiento en más de 1,05 kg.m<sup>-2</sup>, además el tratamiento con ME-50 redujo el porcentaje de raíces tuberosas dañadas en un 50 % menos en relación al control (Hurtado, Diaz, et al., 2019).

El estudio se desarrolló en un suelo Pardo sialítico mullido, sin carbonatos, durante el período de enero a marzo de 2018, con el objetivo de evaluar el efecto de un biopreparado a base de microorganismos eficientes (ME-UCf) sobre el cultivo del frijol común, variedad Delicia 364. Un experimento de campo se diseñó para asperjar el MC-UCf al área foliar y el suelo alrededor de la planta, a dosis de 48 y 60 L ha<sup>-1</sup> en cuatro aplicaciones, con un intervalo de 10 días, a partir del décimo día de la emergencia. Los resultados expresaron que todos los tratamientos evaluados, superaron estadísticamente al testigo y que el tratamiento ME-UCf a dosis de 60 L ha<sup>-1</sup>, resultó el mejor, seguido por ME-UCf a 48 L ha<sup>-1</sup>, lo que demostró la factibilidad del biopreparado. En todos los tratamientos con ME-UCf se disminuyó la distribución de plagas, mientras que, se incrementó en el testigo (Aguiar & Reinaldo, 2019).

El efecto de la inoculación de las semillas de *Phaseolus vulgaris* L. y *Arachis hipogea* L embebidas en una solución al 2% de Microorganismos eficientes, se evaluó en condiciones de campo entre octubre de 2016 y febrero de 2017. Los resultados mostraron que la inoculación de las semillas con Microorganismos eficientes estimuló el crecimiento y el rendimiento de las plantas de frijol y maní (Lambert G. et al., 2019).

La aplicación de diferentes formas de aplicación del bioestimulante Microorganismos eficientes (ME-50) fue valorada en la producción de plántulas de tomate en condiciones de campo. Se evaluaron los siguientes tratamientos: sin ME-50 (0), inoculación de la semilla a 100mL L<sup>-1</sup> (S), aplicaciones foliares a 100mL L<sup>-1</sup> (F) y la inoculación a la semilla más aplicaciones foliares (S+F) en tres variedades de tomate (Amalia, Rilia y Seen-2). Los resultados mostraron que en las tres variedades de tomate, la combinación de la inoculación a las semillas con las aplicaciones foliares de microorganismos eficientes incrementó el diámetro del tallo, la altura de la planta, el número de hojas y el rendimiento en las variedades Amalia y Rilia en 26,0 % y en la Seen-2 un 25,0% con relación al tratamiento control y el ciclo de producción de plántulas fue reducido en las variedades Amalia y Seen-2 un 24,0% y en la Rilia un 22,0% (Calero H. et al., 2019).

El uso de Microorganismos Eficientes (EM) en diferentes formas de aplicación [sin EM (control), inoculación del suelo (100 mL<sup>-1</sup>), aplicaciones de follaje (100 mL<sup>-1</sup>) y la inoculación combinada del suelo (100 mL<sup>-1</sup>) más aplicaciones foliares (100 mL L<sup>-1</sup>)] se estudió desde noviembre de 2013

hasta marzo de 2014 en los posibles efectos sobre dos variedades [Velazco Largo (VL) y Cuba Cueto (CC-25-9-N)]. Los resultados mostraron que todas las formas de aplicación de del bioestimulante EM estimularon el crecimiento y productividad de ambas variedades de frijol común y los efectos más favorables fue la aplicación asociadas entre la inoculación del suelo y las aplicaciones foliares con el bioestimulante EM incrementa el rendimiento de 1,13 t ha<sup>-1</sup> en la variedad VL y 2,15 t ha<sup>-1</sup> en la CC-25-9-N (Hurtado, Díaz, et al., 2019).

La aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficientes autóctonos (EMA) en el cultivo de *Lycopersicum esculentum* Milll (tomate) variedad “Río Grande”, exhibió que la dosis de 25 ml de EMA aplicado cada 14 días, contribuyó a una mayor altura (39 cm), mayor número de flores (37 flores), mayor área foliar (24 cm<sup>2</sup>), el mayor número de tallos por planta (5 tallos), el mayor peso de la raíz a la cosecha (59,67 g) y el mayor rendimiento (1713,69 g/planta). Ello sugiere que la aplicación de biofertilizante puede ser una importante alternativa para fertilizar cultivos como el tomate, reduciendo el uso de fertilizantes de síntesis química e incrementar la producción (Alarcon et al., 2020).

La aplicación de la concentración de 100 mL L<sup>-1</sup> de microorganismos eficientes en el cultivo del arroz var. INCA LP-5 incrementó la altura de la planta (cm), número de tallos por plantón, porcentaje de tallos fértiles y granos llenos por panícula, número de panículas por m<sup>2</sup>, el número de granos por panícula, la longitud de la panícula (cm), la masa de 1000 granos (g) y el rendimiento del grano en 58% comparado con la no aplicación de este bioestimulante (Calero Hurtado et al., 2020).

La aplicación del bioproducto Microorganismos eficientes (ME, 100 mL L<sup>-1</sup>) a las plantas de habichuela var. Verlili en condiciones de organoponía reveló un aumento en la altura de la planta, el promedio de hojas por planta, el número, longitud y masa de los frutos y el rendimiento (Hurtado, Díaz, et al., 2020).

La utilización del bioestimulante Microorganismos eficientes (ME, 100 mg L<sup>-1</sup>) se aplicó vía foliar para estudiar los efectos de la respuesta morfológica y productiva del frijol en tres épocas de siembras [época de siembra intermedia (EI) en relación a la temprana (ET) y la tardía (EA)]. Tres experimentos se desarrollaron de septiembre de 2014 a abril de 2015. Los resultados mostraron que la aplicación foliar con el bioestimulante ME incrementó el crecimiento y el rendimiento en 19% en la ET, 25% en la EI y 28% en la ET en relación a la no aplicación del bioestimulante (Hurtado, Rodríguez, et al., 2020).

El consorcio microbiano Microorganismos eficientes (ME-50<sup>®</sup>) aplicado a la concentración de 100 mL L<sup>-1</sup> en plantas de frijol var. “Velzaco largo” incrementó el número de hojas trifoliadas, altura de la planta, la masa seca de la parte aérea, así como, el promedio de vainas por planta, los granos por planta, granos por vaina, la masa de 100 granos y el rendimiento (Calero-Hurtado et al., 2023). La aplicación foliar del bioestimulante ME-50<sup>®</sup> a la concentración de 100 mL L<sup>-1</sup> en plantas de frijol var. “Velzaco largo” aumentó las variables: hojas por planta, área foliar y la masa seca, número de vainas por planta, granos por vaina, masa de 100 granos y el rendimiento 71 % en relación a la no aplicación del bioestiomulante (Calero-Hurtado et al., 2022).

En este capítulo, se inició la revisión abordando aspectos sobre el origen e importancia del cultivo del girasol. Seguidamente, se expusieron fundamentos sobre la taxonomía y características fisiológicas de la planta. Inmediatamente, se proporcionaron las actualizaciones de los métodos de siembra y los efectos de las densidades población en el crecimiento y productividad del cultivo. Consecutivamente, se exhibieron compendios actualizados sobre la base de los requerimientos nutricionales del cultivo. Posteriormente, se revisaron y se incluyeron los beneficios del bioestimulante ME-50<sup>®</sup> en la estimulación del crecimiento y rendimiento de otras plantas C3. Finalmente, este capítulo presenta la base de la fundamentación teórica para cumplimentar esta investigación.

## CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Determinación de los posibles problemas que pueden intervenir en la productividad del girasol

#### 2.1.1 Metodología para la selección de los expertos

Para la selección de los especialistas se elaboró un listado de 15 personas que, a priori, se consideraban "expertos" en el área de la producción agropecuaria, a veces como investigadores, a veces como personas experimentadas en la práctica (Mouliá et al., 2021). Posteriormente, se contactó con cada una de estas 15 personas (vía correo electrónico, teléfono o presencialmente), para solicitar su colaboración en la investigación. Sin embargo, solo cinco de ellos respondieron favorablemente.

En este contexto, se determinó el coeficiente de competencia de los expertos (ver anexo 1) para la elaboración del coeficiente de competencia se dividió en dos partes, la primera relacionada con la información general sobre el especialista; y el segundo, a su autoevaluación. Para el cálculo del coeficiente de competencia (K) se utilizó la siguiente fórmula:

$$K = \pi \frac{Kc + Ka}{2}$$

Dónde:

- Kc es el coeficiente de conocimiento o información que tiene el especialista sobre el problema indicado. Así, el Kc se calculó resumiendo ambos aspectos enumerados en el cuestionario, y el resultado de cada uno de ellos se obtuvo multiplicando por 0,05 la autoevaluación del experto en una escala de 0 a 10.
- Ka es el coeficiente de argumentación o fundamentación del criterio del experto, que se obtuvo a partir de la suma de los puntos obtenidos de la clasificación de cada ítem.

Después de definir el coeficiente K, los especialistas fueron clasificados de acuerdo con sus competencias en base a los siguientes parámetros:

$0.8 \leq K \leq 1 \Rightarrow$  carreras altas

$0.5 \leq K < 0.8 \Rightarrow$  competencia media

$K < 0.5 \Rightarrow$  baja competencia

### ***2.1.3 Evaluación de la opinión de los expertos***

El grado de asociación entre expertos se verificó por coeficiente de concordancia de Kendall (KC). los valores del coeficiente de Kendall pueden oscilar entre 0 y 1. Cuanto mayor sea el valor del coeficiente de Kendall, más fuerte será la concordancia.

### ***2.1.1 Metodología para la priorización de los problemas***

La priorización de los problemas se realizó por la Matriz de Prioridades o Matriz GUT, una herramienta utilizada para organizar problemas y demandas en orden de prioridad. Se analizaron los problemas según su prioridad y solución, para mejorar el flujo de trabajo y el proceso de toma de decisiones.

Los elementos de la matriz GUT para definir la prioridad de los problemas fueron los siguientes:

**Preferencia (P):** mide el impacto de los problemas en la productividad del girasol. Los niveles fueron:

1. Prioridad baja (terciario).
2. Prioridad media (secundario).
3. Prioridad alta primario).

**Ordenamiento (M):** responde al orden del problema puede esperar o no y los niveles fueron:

1. Terciario.
2. Secundario.
3. Primario.

**Solución (S):** evalúa el tiempo en resolverse problema y los niveles fueron:

1. A largo plazo.
2. A corto plazo.
3. Inmediata.

La prioridad final del problema se define por la puntuación de la multiplicación de los elementos  $P \times M \times S$  y los valores mayores definen cual o cuales problemas deben resolverse primero y así sucesivamente.

## **2.2 Experimentación a escala de campo. Localización y material vegetal**

El experimento se desarrollará en las áreas de la finca empresa productiva, perteneciente al Empresa Agroindustrial Azucarera “Melanio Hernández”, localizada en el poblado de Tuínucu, municipio de Taguasco, provincia de Sancti Spíritus, Cuba.



Las semillas de girasol, variedad 'Caburé' fue obtenida en la Empresa Provincial de Semillas, con un 95% de germinación. Las labores fitotécnicas (control de plagas, limpieza, entre otras) se realizan según la Guía para el cultivo (MNAG, 2020), con modificaciones en la fertilización (sin la adición de fertilizantes químicos).

La siembra se realiza en época poca lluviosa a partir del 13 mes de enero de 2024. El tipo de suelo predominante es Pardo Sialítico (Hernández et al., 2015) Cambisol (IUSS-WRB, 2022).

### 2.3 Diseño experimental

El diseño experimental se distribuirá en parcelas divididas, en bloques al azar con tres réplicas (Ver esquema 1). Los factores estudiados son dos densidades de plantas (D1, 20000 plantas ha<sup>-1</sup>) y (D2, 40000 plantas ha<sup>-1</sup>) y tres concentraciones del bioestimulante Microorganismos eficientes (ME, sin ME-50<sup>®</sup>, 100 y 200 mL m<sup>-2</sup>).

Esquema 1. Esquema del diseño experimental

<b>D1</b> <b>20000 plantas ha<sup>-1</sup></b>	<b>D2</b> <b>40000 plantas ha<sup>-1</sup></b>	<b>Réplicas</b>
Sin ME-50 <sup>®</sup>	200 mL m <sup>-2</sup>	Réplica 1
100 mL m <sup>-2</sup>	100 mL m <sup>-2</sup>	
200 mL m <sup>-2</sup>	Sin ME-50 <sup>®</sup>	
200 mL m <sup>-2</sup>	Sin ME-50 <sup>®</sup>	Réplica 2
Sin ME-50 <sup>®</sup>	100 mL m <sup>-2</sup>	
100 mL m <sup>-2</sup>	200 mL m <sup>-2</sup>	
100 mL m <sup>-2</sup>	100 mL m <sup>-2</sup>	Réplica 3
200 mL m <sup>-2</sup>	Sin ME-50 <sup>®</sup>	
Sin ME-50 <sup>®</sup>	200 mL m <sup>-2</sup>	

### 2.4 Aplicación del bioestimulante ME-50<sup>®</sup>

El bioestimulante ME-50<sup>®</sup> fue adquirido gratuitamente en la Sucursal de Labiofam de Sancti Spíritus y se comercializa con la siguiente composición microbiológica: *Bacillus subtilis* B/23-45-10 Nato (5,4x10<sup>4</sup> UCF mL<sup>-1</sup>), *Lactobacillus bulgaricum* B/103-4-1 (3,6x10<sup>4</sup> UCF mL<sup>-1</sup>), y *Saccharomyces cerevisiae* L-25-7-12 (22,3x10<sup>5</sup> UCFmL<sup>-1</sup>), con certificado de calidad, emitido por el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), código R-ID-B-Prot-01-01. Este bioestimulante ME-50<sup>®</sup> se inoculó con un pulverizador de presión retenida (Matabi, 16 L, Goizper Group, España), directamente en el fondo del surco, después de sembrada las semillas y rápidamente se procedió con el tape de la semilla y del bioestimulante.

## 2.6 Labores agrotécnicas

La preparación del suelo se realizó de forma combinada entre la tracción animal y la mecanizada. Las labores de rotura y mullido se realizaron con el uso de un tractor Yunz con arado de disco (Adi-3, Cuba) y una grada mediana, mientras que, las siguientes labores como el surcado y contra surcado con tracción animal (yunta de bueyes). Después de establecido el cultivo a los 10 días después de la emergencia (DDE) se realizó una limpieza de las malezas con apoyo de un azadón y un raleo de uniformidad para eliminar la abundancia de plantas y dejar una planta en cada sitio, también a los 35 DDE se realizó otra limpieza de las malezas con apoyo de un azadón. No se aplicaron riegos, aspersiones fitosanitarias y ni fertilización química.

## 2.7 Determinación de las variables

### 2.7.1 Parámetros del crecimiento

En cada parcela, a los 20 y 40 días después de la emergencia (DDE), se observaron 30 plantas al azar por tratamiento en el área útil para obtener los siguientes parámetros:

- ✓ **Altura de planta:** se realiza desde la base del tallo hasta el ápice apical, con apoyo de una regla graduada.
- ✓ **Numero de hojas:** se realiza por conteo directo en las hojas mayores de 4 cm de longitud
- ✓ **Contenido de clorofila** (CC, valores SPAD): se determinó con un medidor de clorofila portátil (modelo TYS-B, China) en la hoja +1 entre las 10:00 -11:00 am.

### 2.7.2 Parámetros productivos

En la cosecha, a los 115 días después de la emergencia (DDE), se observaron 30 plantas al azar por tratamiento en el área útil y se evaluaron los siguientes parámetros productivos:

- ✓ **Diámetro de capítulo:** se realiza cuando el capítulo tenga 2/4 de apertura, con la ayuda de una regla graduada, expresando los valores obtenidos en centímetros.
- ✓ **Semillas por capítulo (STC):** se determinó por conteo directo.
- ✓ **Semillas llenas por capítulo (SLL):** se realizó por conteo directo.
- ✓ **Semillas vanas por capítulo (SVC):** se realizó por conteo directo.
- ✓ **Porcentaje de semillas llenas por capítulo (%SLL):** se realizó por conteo directo por separación de las SC
- ✓ **Masa de las semillas:** se pesaron las semillas de cada capítulo en las plantas observadas en balanza digital (modelo BS 124S y precisión  $\pm 0,01$  g).

- ✓ **Rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ):** se determinó con la masa promedio de las semillas de las plantas observadas y el número de plantas  $ha^{-1}$ .

## **2.8 Análisis de los datos**

Los datos referidos a las variables de crecimiento y rendimiento fueron sometidos a los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Posteriormente, se analizaron mediante 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 se realizaron en el software SPSS Statistics v.19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE.UU.).

En este capítulo, se expusieron el lugar y las condiciones donde se realizó la investigación. También, se relató las metodologías utilizadas para la priorización de los problemas, determinación de los expertos y evaluación de los expertos. Además, se describió los aspectos fundamentales del diseño experimental, tratamientos, tamaño de las parcelas, etc. Asimismo, se mencionó donde se obtuvo el bioestimulante y sus características e igualmente se refirieron las variables evaluadas, instrumentos utilizados y las pruebas estadísticas empleadas para validar los resultados. Finalmente, la sección quedó lo más detallada posible, para que la investigación pueda ser replicada o reproducida por otros investigadores.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Principales problemas que intervienen en la producción de girasol

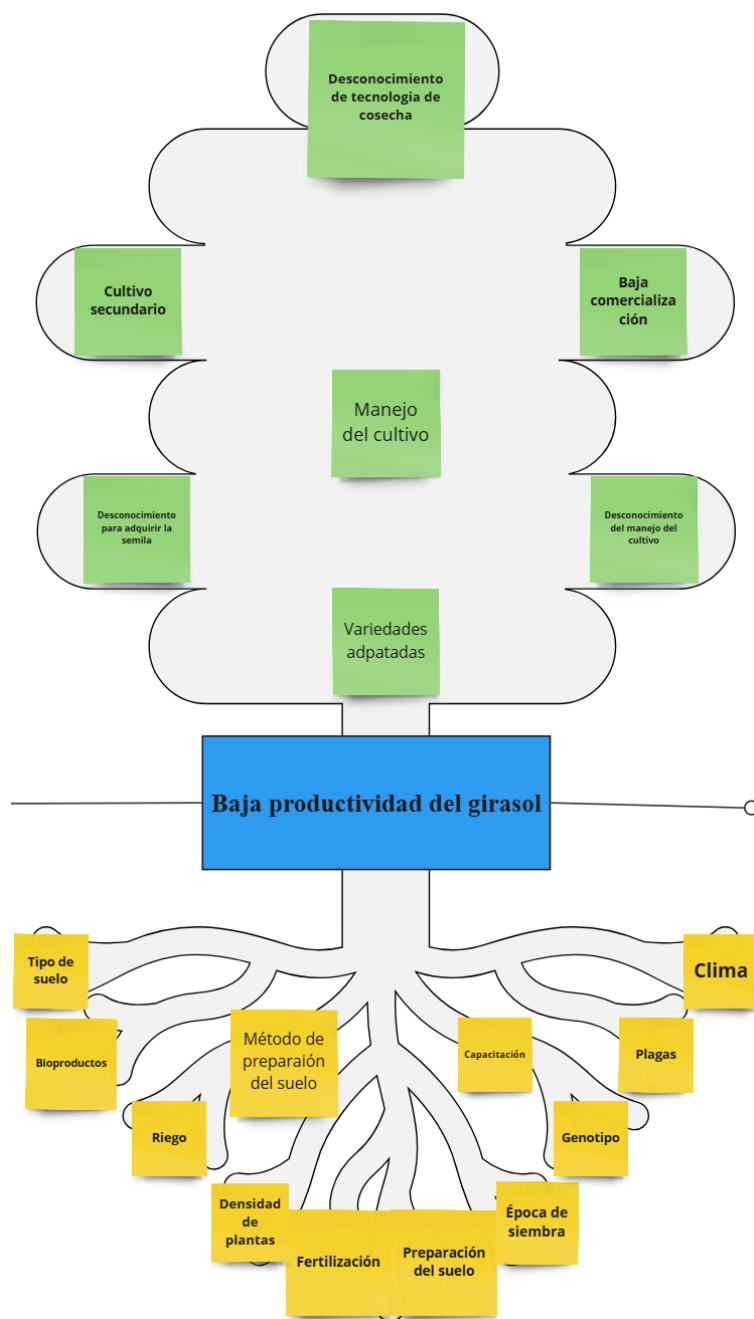
La matriz de GUT (Tabla 3.1) muestra que los problemas 1-4 alcanzaron la puntuación más alta, por lo tanto, son los primeros problemas que deben resolverse, con prioridad primaria o inmediata para el 1 y 2 (Tabla 3.1). Los problemas de 5-13 alcanzaron puntuaciones bajas, probablemente porque pueden influir directamente en los problemas primarios (1-4), definidos anteriormente. Los problemas 9 y 10 alcanzaron una prioridad de resolverse posteriormente a los problemas 1-4 y antes que los problemas 5-8, 11-13 (Tabla 3.1). Estos resultados indican que el

Tabla 3.1. Elementos de la matriz GUT para enumerar las causas primarias y secundarias que afectan la producción de girasol en la zona de Tuínucu, Taguasco.

Problemas	Compromiso	Ordenamiento	Solución	Resultado
Preparación del suelo (1)	3	3	3	27
Densidades plantas (2)	3	3	2	18
Época de siembra (3)	3	3	2	18
Fertilización (4)	3	3	3	27
Plagas (5)	2	2	2	8
Capacitación (6)	1	2	2	4
Precipitaciones (7)	2	2	2	8
Condiciones climáticas (8)	2	1	2	4
Riego (9)	2	3	2	12
Genotipo (10)	2	3	2	12
Bioproductos (11)	2	2	2	8
Método preparación del suelo (12)	2	2	2	8
Tipo de suelo (13)	2	2	1	4

### 3.2 Resultados de los expertos en el conocimiento de la utilización de las DP y la fertilización con ME-50® en el cultivo del girasol.

El cultivo del girasol es muy bajo en la zona estudiada, posiblemente porque se proviene de un sistema de producción con predominio de cultivos económicos como la caña de azúcar, yuca, arroz, frijol, plátano, boniato, tomate, entre otros, generalmente cultivados en sistema de producción convencional (tradición de altas aplicaciones agroquímicos). Los criterios de los expertos seleccionados mostraron que las densidades de plantas y la fertilización son dos problemas primarios a considerar en el establecimiento del cultivo del girasol, para incrementar la productividad (Esquema 3.1).



Esquema 3.1. Árbol de causas y efectos de la baja productividad del girasol derivado de los conocimientos de los expertos en la zona de Tuínucu, municipio de Taguasco, provincia de Sancti Spíritus, Cuba.

En la zona de la investigación coexisten experiencias en la producción de otros cultivos, pero con una alta tradición de siembras o plantación con bajas densidades poblacionales y la utilización de fertilizantes químicos provenientes de las experiencias en el cultivo de la caña principalmente. En consecuencia, el girasol constituye un nuevo cultivo, que propicia nuevos conocimientos, nuevas

prácticas y experiencias que favorecen la diversificación de cultivos, la mejora de los suelos, reducción de altos costos en compras de agroquímicos y, por tanto, disminuciones significativas en las aplicaciones de estos, lo que conduce al establecimiento de nuevas prácticas que reducen la contaminación ambiental, mejoran la salud humana y favorece la producción de alimentos sanos. Por otro lado, la aplicación del bioestimulante ME-50<sup>®</sup>, a pesar de tener el centro de compostaje en la zona es un aspecto complejo, que es necesario modificar para que influya positivamente en los productores en los factores beneficiosos del empleo de esta enmienda orgánica sobre el suelo y la producción vegetal. Además, este tipo de fertilización esta influenciada por factores relativos al cultivo, las condiciones tecnológicas y ambientales, las dosis y momentos de aplicación, por lo que resulta otro aspecto de bajo conocimiento en esta región. Por lo tanto, el conocimiento de la utilización de DP y la aplicación del bioestimulante ME-50<sup>®</sup> en el cultivo del girasol pueden ser una estrategia eficiente, viable y económica para los productores de la región, favoreciéndose la diversificación de cultivos, la fertilidad de los suelos y la sustitución de importaciones debido a la reducción de los agroquímicos.

Los resultados obtenidos mediante el coeficiente W de Kendall en relación con el grado de concordancia externa para los 13 problemas principales detectados indican que el nivel es significativo entre los rangos, con valores superiores a 0,8. Por lo tanto, se estima una excelente concordancia entre las evaluaciones de los cinco expertos, de la cual se puede inferir que los problemas son adecuados a la propuesta, lo que le da validez y confiabilidad al a los resultados obtenidos (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Consistencia externa de la W de Kendall en los descriptores de la propuesta.

<b>Problemas</b>	<b>Coeficiente de Kendall</b>	<b>P</b>
Preparación del suelo (1)	0,95	0,05
Densidades plantas (2)	0,88	0,05
Época de siembra (3)	0,89	0,05
Fertilización (4)	0,96	0,05
Plagas (5)	0,85	0,05
Capacitación (6)	0,86	0,05
Precipitaciones (7)	0,88	0,05
Condiciones climáticas (8)	0,84	0,05
Riego (9)	0,91	0,05
Genotipo (10)	0,90	0,05
Bioproductos (11)	0,88	0,05
Método preparación del suelo (12)	0,89	0,05
Tipo de suelo (13)	0,87	0,05

Nota: P = Valor de la prueba

### 3.3 Efecto de los tratamientos en el crecimiento de las plantas de girasol

EL ANOVA de dos vías reveló interacción significativa entre las parcelas primarias (DP) y las secundarias (ME-50®) en la AP ( $p < 0,01$ ) a los 20 DDE y a los 40 DDE ( $p < 0,05$ ), respectivamente (Figura 1). La AP en los dos momentos evaluados (20 y 40 DDE), fue significativamente superior en la DP de 40000 plantas  $ha^{-1}$  y con diferencias significativas comparado con la DP de 20000 plantas  $ha^{-1}$ . Sin embargo, el tratamiento con 100  $mL\ m^{-2}$  de ME-50® en ambas DP ( ) mostró incrementos significativos en la AP en comparación con los tratamientos Sin ME-50® y 200  $mL\ m^{-2}$  de ME-50®; pero este último tratamiento al mismo tiempo, reveló incrementos superiores en la AP respecto al tratamiento Sin ME-50® (Figura 1a, b).

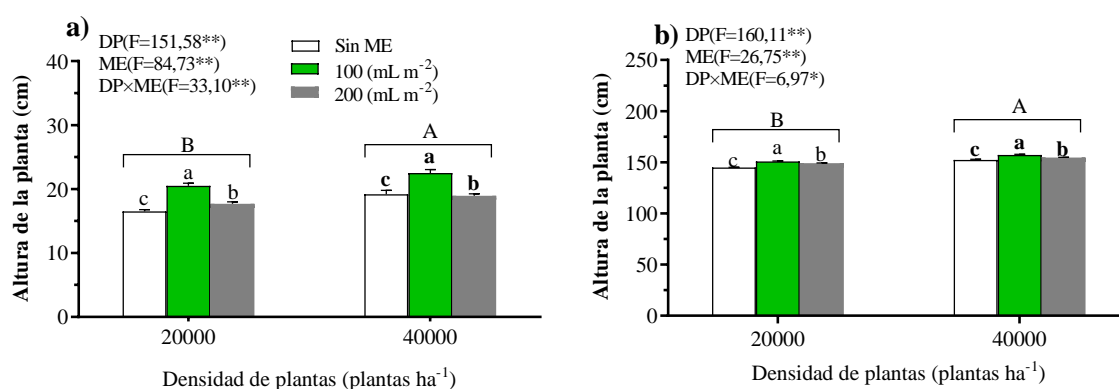


Figura 1. Altura de la planta a los 20 DDE a) y a los 40 DDE b) observadas en las plantas de girasol en función de las dos DP (20000 y 40000 plantas  $ha^{-1}$ ) y las tres concentraciones del bioestimulante ME-50® (0, 100 y 200  $mL\ m^{-2}$ ). Letras minúsculas normales (ejemplo: a, b, c) o negritas (ejemplo: **a, b, c**) indican diferencias significativas entre las concentraciones del bioestimulante ME-50® en las densidades de 20000 y 40000 plantas  $ha^{-1}$ , respectivamente. Letras mayúsculas (ejemplo: A, B) indican diferencias significativas entre las densidades de 20000 y 40000 plantas  $ha^{-1}$  en la misma concentración de del bioestimulante ME-50®, de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

El NH fue superior en la DP de 20000 plantas  $ha^{-1}$  y con diferencias significativas en relación a la DP de 40000 plantas  $ha^{-1}$  en los tratamientos sin ME-50®-50® y en la concentración de 200  $mL\ m^{-2}$ , mientras que, en la concentración de 100  $mL\ m^{-2}$  de ME-50® la DP de 40000 plantas  $ha^{-1}$  mostró incrementos significativos en el NH respecto a la DP de 20000 plantas  $ha^{-1}$  (Figura 2a). Por otra parte, el tratamiento con 100  $mL\ m^{-2}$  de reveló incrementos significativos en el NH en ambas DP, con incrementos de 10% en la DP de 20000 plantas  $ha^{-1}$  comparado con los tratamientos sin y 100

mL m<sup>-2</sup> de ME-50<sup>®</sup> y al mismo tiempo estos dos tratamientos mostraron efectos similares, mientras que, en la DP de 40000 plantas ha<sup>-1</sup> los incrementos en el NH fueron de 15 y 9% en comparación con los tratamientos sin y 100 mL m<sup>-2</sup> de ME-50<sup>®</sup>, respectivamente (Figura 2a).

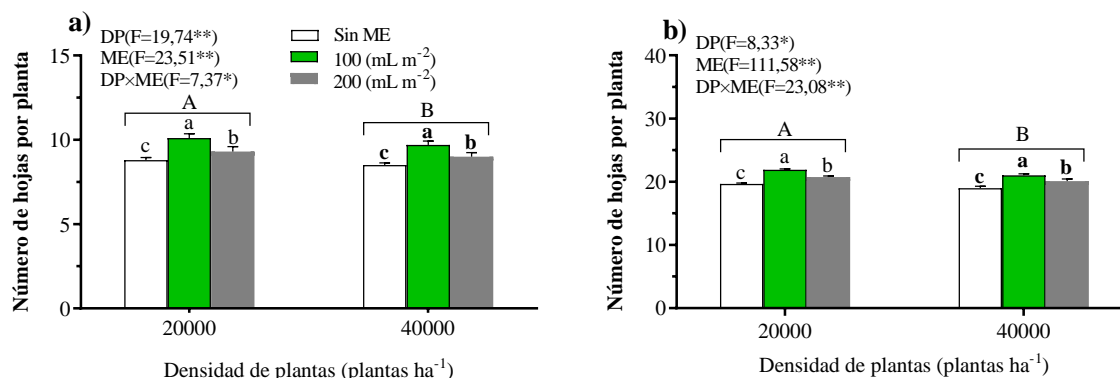


Figura 2. Número de hojas por planta a los 20 DDE a) y a los 40 DDE b) observadas en las plantas de girasol en función de las dos densidades de plantas (20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup>) y las tres concentraciones de ME-50<sup>®</sup> (0, 100 y 200 mL m<sup>-2</sup>). Letras minúsculas normales (ejemplo: a, b, c) y/o negritas (ejemplo: **a**, **b**, **c**) indican diferencias significativas entre las concentraciones del bioestimulante ME-50<sup>®</sup> en las densidades de 20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Letras mayúsculas (ejemplo: A, B) indican diferencias significativas entre las densidades de 20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup> en la misma concentración de del bioestimulante ME-50<sup>®</sup>, de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0,05).

El NH a los 40 DDE exhibió que la DP de 20000 plantas ha<sup>-1</sup> mostró incrementos significativos en el NH en los tratamientos sin ME-50<sup>®</sup> y con 200 mL m<sup>-2</sup> de ME-50<sup>®</sup> comparado con la DP de 40000 plantas ha<sup>-1</sup>, pero en el tratamiento con 100 mL m<sup>-2</sup> de ME-50<sup>®</sup> la DP de 40000 plantas ha<sup>-1</sup> fue significativamente superior a la DP de 20000 plantas ha<sup>-1</sup> (Figura 2b). Por otra parte, la inoculación con 200 mL m<sup>-2</sup> de ME-50<sup>®</sup> en la DP de 20000 plantas ha<sup>-1</sup> reveló los mayores incrementos en el NH en relación a las demás concentraciones, mientras que, en la DP de 40000 plantas ha<sup>-1</sup> la inoculación con 100 mL m<sup>-2</sup> de ME-50<sup>®</sup> mostró los mayores aumentos en el NH en comparación a los tratamientos sin y 200 mL m<sup>-2</sup> de ME-50<sup>®</sup> (Figura 2b).

El CC a los 20 y 40 DDE exhibió que la DP de 20000 plantas ha<sup>-1</sup> fue superior y con diferencias significativas a la DP de 40000 plantas ha<sup>-1</sup>. La adición de 100 mL m<sup>-2</sup> de ME-50<sup>®</sup> en ambos



momentos (20 y 40 DDE) y DP (20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup>) aumentó significativamente en el CC comparado con los tratamientos sin ME-50® y 200 mL m<sup>-2</sup> de ME-50®, no obstante, este último tratamiento a la misma vez alcanzó mayores promedios del CC en comparación con el tratamiento sin ME-50® (Figura 3a, b).

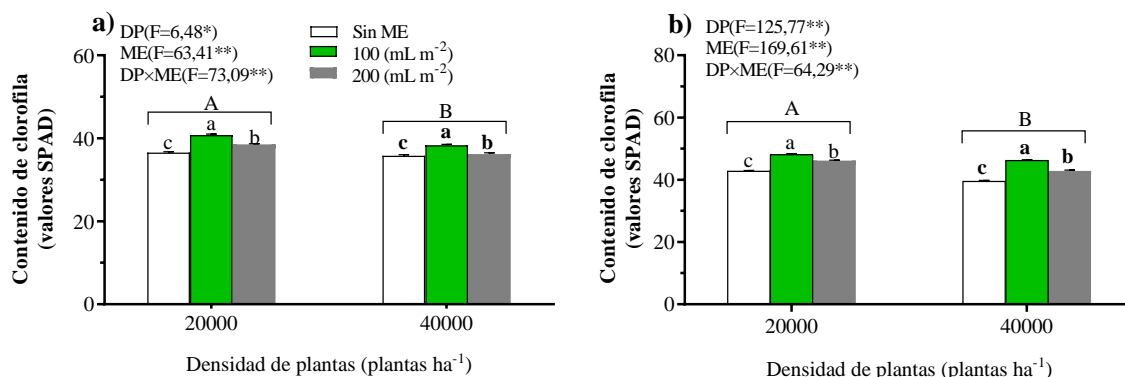


Figura 3. Contenido de clorofila a los 20 DDE a) y a los 40 DDE b) observadas en las plantas de girasol en función de las dos densidades de plantas (20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup>) y las tres concentraciones de ME-50® (0, 100 y 200 mL m<sup>-2</sup>). Letras minúsculas normales (ejemplo: a, b, c) o negritas (ejemplo: **a**, **b**, **c**) indican diferencias significativas entre las concentraciones del bioestimulante ME-50® en las densidades de 20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Letras mayúsculas (ejemplo: A, B) indican diferencias significativas entre las densidades de 20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup> en la misma concentración de del bioestimulante ME-50®, de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0,05).

Los resultados de esta investigación evidenciaron que las DP modificaron el crecimiento de las plantas de girasol, observado en los parámetros AP, NH y CC (Figuras 1 y 2). Especialmente, la mayor DP (40000 plantas ha<sup>-1</sup>) mostró mayores AP, mientras que, la DP de 20000 plantas ha<sup>-1</sup> desarrolló mayores NH y CC (Tablas 2 y 3). Una posible explicación para los hallazgos reportados en este estudio puede deberse al aumento de la DP las plantas son más simétricas y alcanzaron mayores alturas porque compiten por la luz, aunque realizan un mayor aprovechamiento de estas y se desarrollan menos las plantas arvenses (Ríos-Hilario et al., 2023); sin embargo, las plantas en densidades bajas, compiten por las malezas y el crecimiento es más asimétrico principalmente hacia los lados, con mayor formación de estructura y ramas (Bărdaş et al., 2023). Estos hallazgos presuponen que las plantas de girasol respondieron mejor a la mayor DP. Estos efectos pudieron

deberse a que fue favorecida la uniformidad espacial, eliminándose la competencia por la interceptación de la radiación, agua y nutrientes, lo que corrobora los criterios relatados anteriormente (Gómez Ariza et al., 2022). Además las plantas que presentan crecimiento simétrico tienen la capacidad de compensación del rendimiento por el efecto de menor cubrimiento de la superficie del suelo, lo que frena en gran medida el desarrollo de las malezas (Echarte et al., 2020). Por otro lado, la aplicación del bioestimulante ME-50® al suelo mostró un estímulo en el crecimiento de las plantas de girasol, en particular las dosis de 100 mL m<sup>-2</sup> de ME-50® (Tablas 2 y 3). Esta promoción en el crecimiento por este bioestimulante puede deberse a la incorporación de nutrientes esenciales como N, P, K y Ca que favorecen diferentes procesos biológicos y celulares, que originan una mejor estructura de las plantas (Calero Hurtado et al., 2020). También, este crecimiento puede estar asociado con una mayor elaboración de nutrimentos y fotoasimilatos (Calero-Hurtado et al., 2023)(Khatoon et al. 2020).

Por otra parte, la introducción de microorganismos, como *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus bulgaricum* y *Saccharomyces cerevisiae*, pudieron ayudar a solubilizar nutrientes minerales y producir sustancias (hormonas), que favorecen el desarrollo de las plantas (Kumari et al., 2022). Además, más del 80 % de las bacterias en la rizosfera del suelo son capaces de producir auxinas y sus efectos sobre el crecimiento de las plantas son notables, porque aumentan el número de ramificaciones, la nutrición de las plantas y la capacidad de crecimiento (Etesami, 2020).

En consecuencia, la inoculación con el consorcio ME-50® se incorporan otros géneros de microorganismos que ayudan a la solubilidad y mayor disponibilidad de los nutrientes minerales y otras sustancias que estimulan el crecimiento de las plantas (Carabeo et al., 2022). Por lo tanto, estos resultados son la primera evidencia científica que demuestra los efectos de este bioestimulante en el crecimiento del girasol y está en concordancia con el objetivo propuesto y muestra que la DP y el consorcio ME50® son una alternativa eficiente y económica para incrementar el crecimiento de las plantas de girasol.

### **3.4 Efecto de los tratamientos en la productividad de las plantas de girasol**

El ANOVA bidireccional exhibió interacción significativa entre los factores DP y ME en el DC (Tabla 1). La DP de 20000 plantas ha<sup>-1</sup> mostró incrementos significativos en el DC en comparación con la DP de 40000 plantas ha<sup>-1</sup> en todos los tratamientos con el bioestimulante ME-50®. Similarmente, el tratamiento con 100 mL m<sup>-2</sup> del bioestimulante ME-50® exhibió incrementos significativos en el DC en ambas DP (20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup>) comparados con los tratamientos

sin ME-50® y 100 mL m<sup>-2</sup> de ME-50®, aunque este último tratamiento, a la misma vez mostró mayores DC en comparación al tratamiento sin ME-50®-50® (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Diámetro del capítulo (cm) de las plantas de girasol observadas a los 110 DDE en función de dos DP (20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup>) y tres tratamientos de ME-50® (sin ME-50®, 100 y 200 mL m<sup>-2</sup>).

DP (plantas ha <sup>-1</sup> )	ME-50® (mL m <sup>-2</sup> )	Diámetro del capítulo (cm)	
<b>20000</b>	Sin ME-50®	22,96 c	<b>A</b>
	100	33,35 a	
	200	28,95 b	
<b>40000</b>	Sin ME-50®	21,05 c	<b>B</b>
	100	30,90 a	
	200	22,85 b	
<b>Prueba F</b>	DP	6838,23**	
	ME	19542,01**	
	DPxME	974,07**	

\*Leyenda: DP: densidad de plantas; ME: concentraciones de ME-50®; DPxME: interacción entre DP y ME. Letras minúsculas normales (ejemplo: a, b, c) o negritas (ejemplo: a, b, c) en la misma indican diferencias significativas entre las concentraciones del bioestimulante ME-50® en las densidades de 20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Letras mayúsculas (ejemplo: A, B) indican diferencias significativas entre las densidades de 20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup> en la misma concentración de del bioestimulante ME-50®, de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0,05).

Los resultados del ANOVA de dos vías mostraron interacción significativa (p<0,01) entre los factores DP y ME en las variables SLL, SVC, STC y %SLL en la cosecha del girasol (Tabla 3.2). La DP de 20000 plantas ha<sup>-1</sup> mostró mayores promedios de SLL, SVC y STC en todos los tratamientos con el bioestimulante ME-50® comparado con la DP de 40000 plantas ha<sup>-1</sup>, mientras que, la aplicación de 100 mL m<sup>-2</sup> de ME-50® en ambas DP (20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup>) fue significativamente superior en comparación con los tratamientos sin ME-50® y 200 mL m<sup>-2</sup> de ME-50®, respectivamente; aunque, este último tratamiento, al mismo tiempo alcanzó promedios superiores en la producción de SLL, SVC y STC y con diferencias significativas en comparación al tratamiento sin ME-50®-50® (Tabla 3.2). No obstante, el %SLL exhibió mayores medias en la DP de 40000 plantas ha<sup>-1</sup> en todos los tratamientos con el bioestimulante ME-50® en comparación con la DP de 20000 plantas ha<sup>-1</sup>; sin embargo, la fertilización con 100 mL m<sup>-2</sup> de ME-50® mostró promedios superiores en el %SLL en las dos DP estudiadas en relación a los tratamientos sin y 200 mL m<sup>-2</sup> de ME-50®, respectivamente, pero este último tratamiento a la misma vez revelo

diferencias significativas en el %SLL en ambas DP respecto a el tratamiento sin ME-50®-50® (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Semillas llenas (SLL), semillas vanas (SV), total de semillas por capítulo (TSC) y porcentaje de semillas llenas por capítulo (%SLL) observados a los 110 DDE en las plantas de girasol en función de dos DP (20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup>) y tres tratamientos de ME-50® (sin ME-50®, 100 y 200 mL m<sup>-2</sup>).

DP (plantas ha <sup>-1</sup> )	ME-50® (mL m <sup>-2</sup> )	SLL	SV	STC	%SLL
<b>20000</b>	Sin ME-50®	1633,0 c	778,0 a	2411,0 a	62,5 c
	100	2309,0 a	312,0 b	2621,0 b	88,1 b
	200	2078,0 b	468,0 c	2546,0 c	81,5 a
<b>40000</b>	Sin ME-50®	1557,0 b	460,0 b	2017,0 c	77,2 c
	100	2132,0 a	117,0 c	2249,0 a	94,8 a
	200	1922,0 b	250,0 a	2172,0 b	88,5 b
<b>Prueba F</b>	DP	108,03**	6676,08**	1206,37**	3217,00**
	ME	1010,73**	4058,40**	4784,09**	939,88**
	DPxME	1850,00**	3652,66**	6935,35**	717,33**

\*Leyenda: DP: densidad de plantas; ME-50®: microorganismos eficientes. Letras minúsculas normales (ejemplo: a, b, c) y/o negritas (ejemplo: a, b, c) indican diferencias significativas entre las concentraciones del bioestimulante ME-50® en las densidades de 20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Letras mayúsculas (ejemplo: A, B) indican diferencias significativas entre las densidades de 20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup> en la misma concentración de del bioestimulante ME-50®, de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0,05).

La MS y el RD de las plantas de girasol mostraron interacción significativa entre los factores DP y ME (Figura 4a). La MS alcanzó mayores medias en la DP de 40000 plantas ha<sup>-1</sup> en todos los tratamientos con el bioestimulante ME-50® y con diferencias significativas respecto a la DP de 20000 plantas ha<sup>-1</sup>; no obstante, el tratamiento con 100 mL m<sup>-2</sup> de ME-50® exhibió medias significativamente superiores en la MS en ambas DP comparados con los tratamientos sin y 200 mL m<sup>-2</sup> de ME-50®; si embargo, la aplicación de 200 mL m<sup>-2</sup> de ME-50® incrementó significativamente la media de la MS en comparación con el tratamiento sin ME-50® (Figura 4a).

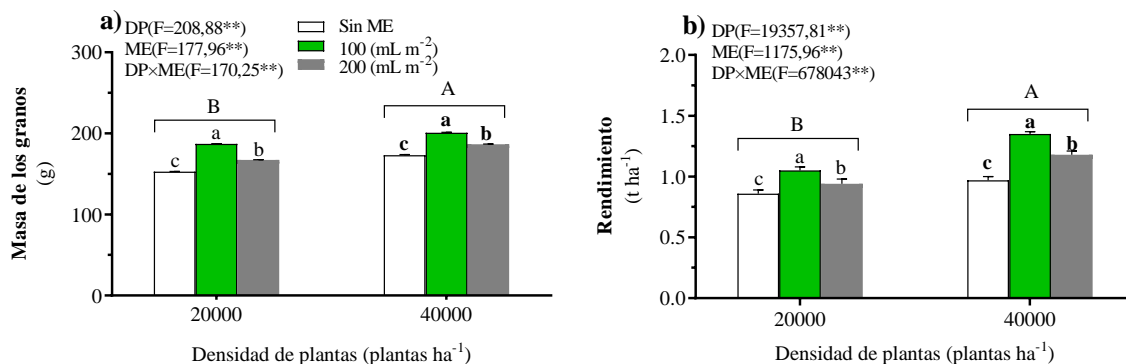


Figura 4. Masa de las semillas por planta (a) y rendimiento (b) observados a los 110 DDE en las plantas de girasol en función de las dos densidades de plantas (20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup>) y las tres concentraciones de ME-50<sup>®</sup> (0, 100 y 200 mL m<sup>-2</sup>). Letras minúsculas normales (ejemplo: a, b, c) y/o negritas (ejemplo: **a**, **b**, **c**) indican diferencias significativas entre las concentraciones del bioestimulante ME-50<sup>®</sup> en las densidades de 20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Letras mayúsculas (ejemplo: A, B) indican diferencias significativas entre las densidades de 20000 y 40000 plantas ha<sup>-1</sup> en la misma concentración de del bioestimulante ME-50<sup>®</sup>, de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0,05).

El ANOVA de dos vías reveló interacción significativa entre los factores estudiados DP y ME en la MS y el RD (Tabla 4b). De manera general, la DP de 40000 plantas ha<sup>-1</sup> exhibió mayores RD en todos los tratamientos con el bioestimulante ME-50<sup>®</sup> en relación a la DP de 20000 plantas ha<sup>-1</sup>; sin embargo, el RD fue incrementado con la aplicación de 100 mL m<sup>-2</sup> de ME-50<sup>®</sup>, con incrementos significativos de 22% y 12% en la DP de 20000 plantas ha<sup>-1</sup> y de 29% y 13% en la DP de 40000 plantas ha<sup>-1</sup> en comparación con los tratamientos sin ME-50<sup>®</sup> y 100 mL m<sup>-2</sup> de ME-50<sup>®</sup>, respectivamente; adicionalmente, el tratamiento con 200 mL m<sup>-2</sup> de ME-50<sup>®</sup> mostró incrementos en el RD en la DP de 20000 plantas ha<sup>-1</sup> de 12% y en la DP de 20000 plantas ha<sup>-1</sup> de 18%, respectivamente, comparado con el tratamiento sin ME-50<sup>®</sup> (Figura 4b).

Los resultados de esta investigación comprobaron que las DP modifican la productividad del girasol. Observaciones similares fueron informadas recientemente en este cultivo (Rezaizad et al., 2022). Estos incrementos en la productividad del girasol con la mayor densidad (40000 plantas ha<sup>-1</sup>) probablemente fueron causadas por las variaciones ocurridas en los parámetros del crecimiento AP, NH y CC (Figuras 1, 2 y 3) y los productivos DC, SLL, SV, TSC y %SLL (Tablas 3.1 y 3.2) y MS (Figura 4a). Estos efectos de las DP en el incremento del rendimiento fueron observados

anteriormente en el girasol (Mladenović et al., 2020). Estudios similares descubrieron que el crecimiento vegetativo del girasol se incrementa con la DP, lo que estimula el desarrollo del área foliar y el cierre temprano del dosel, y por tanto se mejora la producción biomasa (Andriienko et al., 2020). Los resultados obtenidos en este estudio son consistentes con hallazgos anteriores reportados en el girasol con el aumento de las DP (Ibrahim et al., 2023; Raj et al., 2024). Sin embargo, la productividad ( $2536 \text{ kg ha}^{-1}$ ) alcanzada por la mayor densidad ( $40000 \text{ plantas ha}^{-1}$ ) comparada con la media mundial ( $\sim 2000 \text{ kg ha}^{-1}$ ) es relativamente mayor (Seibert et al., 2024). Por otro lado, la aplicación del bioestimulante ME-50<sup>®</sup> mejoró la productividad del girasol y que combinado con la DP de  $40000 \text{ plantas ha}^{-1}$  favorecen aún más el rendimiento. Estos resultados benéficos con la aplicación del bioestimulante ME-50<sup>®</sup>, se pueden deber a la incorporación de varios microorganismos, como *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus bulgaricum* y *Saccharomyces cerevisiae*, que facilitan la solubilización de nutrientes minerales, la incorporación de hormonas y el biocontrol de enfermedades (Carabeo et al., 2022). Al mismo tiempo, estos resultados son consistentes con los hallazgos reportados anteriormente en plantas de arroz (Calero Hurtado et al., 2020). Los resultados de este estudio evidencian un efecto benéfico entre la DP y la aplicación del bioestimulante ME-50<sup>®</sup> en el incremento del rendimiento del girasol, por lo tanto, puede considerarse como una alternativa eficiente para aumentar los rendimientos de este cultivo. Por fin, los objetivos de esta investigación reflejaron que las DP y la aplicación de ME son una alternativa viable y amigable con el medio ambiente para modificar el crecimiento y productividad de las plantas de girasol en época de siembra poco lluviosa, en particular la combinación entre la DP de  $40000 \text{ plantas ha}^{-1}$  y la dosis de  $100 \text{ mL m}^{-2}$  de ME-50<sup>®</sup>.

## CONCLUSIONES

✚ La matriz de priorización indicó los problemas primarios y secundarios que afectan el desarrollo del girasol en la zona de estudio y se validó las causas-efectos de la baja productividad de este cultivo. Además, se relacionó un alto grado de concordancia entre los expertos para cada uno de los problemas detectados.

✚ Las DP influyeron directamente en el crecimiento del girasol, la DP de 40000 plantas ha<sup>-1</sup> favorece la AP, mientras que, la DP de 20000 plantas ha<sup>-1</sup> beneficia el NH y CC. Paralelamente, la dosis de 100 mL m<sup>-2</sup> de ME-50<sup>®</sup> estimuló aún más el crecimiento y rendimiento del cultivo en ambas DP. Los hallazgos de este estudio indican que el cultivo del girasol es favorecido por la DP de 40000 plantas ha<sup>-1</sup> y la dosis de 100 mL m<sup>-2</sup> de ME-50<sup>®</sup> y pueden considerarse una estrategia local, viable e importante para aumentar la producción sostenible de esta planta.

## RECOMENDACIONES

- ✚ Utilizar densidades de plantas de 60000 plantas ha<sup>-1</sup> de girasol variedad Caburé-15 de en épocas de siembras poca lluviosa en la zona de Tuínucu.
- ✚ Aplicar dosis de 100 mL m<sup>-2</sup> del bioestimulante ME-50<sup>®</sup> en la producción de girasol variedad Caburé-15 en época de siembra poca lluviosa en la zona de Tuínucu.
- ✚ Combinar densidades de 60000 plantas ha<sup>-1</sup> y la aplicación de 100 mL m<sup>-2</sup> del bioestimulante ME-50<sup>®</sup> en la producción de girasol variedad Caburé-15 en época de siembra poca lluviosa en la zona de Tuínucu.



## BIBLIOGRAFÍA

- Abed, A. M. R., & Zeboon, N. H. (2020). Effect of spraying with organic and bio-fertilizers on some growth characteristics of sunflower plant (*Helianthus annuus* L.). *Plant Archives*, 20(2), 1050-1055.
- Aguiar, L. O. A., & Reinaldo, J. R. M. (2019). Efecto de un biopreparado de microorganismos eficientes sobre el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.) en un suelo Pardo sialítico mullido, sin carbonatos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), Article 2. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/299>
- Alarcon, J., Recharte, D., Yanqui, F., Moreno, S., & Buendía, M. (2020). Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Scientia Agropecuaria*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.08>
- Alberio, C., Izquierdo, N. G., & Aguirrezábal, L. A. N. (2015). 3—Sunflower Crop Physiology and Agronomy. En E. Martínez-Force, N. T. Dunford, & J. J. Salas (Eds.), *Sunflower* (pp. 53-91). AOCS Press. <https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-94-3.50009-X>
- 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>
- Andriienko, O., Vasylovskaya, K., Andriienko, A., Vasylovskiy, O., Mostipan, M., & Salo, L. (2020). Response of sunflower hybrids to crop density in the steppe of Ukraine. *Helia*, 43(72), 99-111. <https://doi.org/10.1515/helia-2020-0011>
- Antoniacomí, L. A. M., Luz, P. B. da, & Vilarinho, M. K. C. (2023). Hydroponic production of ornamental sunflower with cooling of the nutrient solution and planting density. *Ornamental Horticulture*, 29, 143-149. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v29i2.2570>
- ASAGIR. (2024). *Girasol Hoy al 08/02/2024*. ASAGIR - Asociación Argentina de Girasol. <http://www.asagir.org.ar/informacion-de-girasol-hoy-al-08-02-2024-906>
- 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), Article 8. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17515>

- Bărdaș, M., Rusu, T., Russu, F., Șimon, A., Chețan, F., Ceclan, O. A., Rezi, R., Popa, A., & Cărbunar, M. M. (2023). The Impact of Foliar Fertilization on the Physiological Parameters, Yield, and Quality Indices of the Soybean Crop. *Agronomy*, 13(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051287>
- 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>
- Bye, R., Linares, E., & Lentz, D. L. (2009). México: Centro de Origen de la Domesticación del Girasol. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 12(1), 5-12. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=25195>
- Calero H., A., Quintero R., E., Pérez D., Y., Olivera V., D., Peña C., K., Castro L., I., Jiménez H., J., Calero H., A., Quintero R., E., Pérez D., Y., Olivera V., D., Peña C., K., Castro L., I., & Jiménez H., J. (2019). Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 36(1), 67-78. <https://doi.org/10.22267/rcia.193601.99>
- Calero Hurtado, A., Olivera Viciado, 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., Díaz, Y. P., Rodríguez, E. Q., Viciado, D. O., & Calzada, K. P. (2019). Efecto de la aplicación asociada entre *Rhizobium leguminosarum* y microorganismos eficientes sobre la producción del frijol común. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(2), Article 2. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol20\\_num2\\_art:1460](https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num2_art:1460)
- 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), Article 2. <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), Article 1. <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n1.2022.2252>
- Calero-Hurtado, A., Quintero-Rodríguez, E., Olivera-Viciedo, D., Pérez-Díaz, Y., Castro-Lizazo, I., Jiménez, J., & López-Dávila, E. (2018). Respuesta de dos cultivares de frijol común a la aplicación foliar de microorganismos eficientes. *Cultivos Tropicales*, 39(3), 5-10. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0258-59362018000300001&lng=es&nrm=iso&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362018000300001&lng=es&nrm=iso&tlng=pt)
- Calero-Hurtado, A., Quintero-Rodríguez, E., Pérez-Díaz, Y., Olivera-Viciedo, D., Peña-Calzada, K., Jiménez-Hernández, J., Calero-Hurtado, A., Quintero-Rodríguez, E., Pérez-Díaz, Y., Olivera-Viciedo, D., Peña-Calzada, K., & Jiménez-Hernández, J. (2019). EFECTO ENTRE MICROORGANISMOS EFICIENTES Y FITOMAS-E EN EL INCREMENTO AGROPRODUCTIVO DEL FRIJOL. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 17(1), 25-33. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v17n1.1201>
- Cantamutto, M. Á., Poverene, M. M., Presotto, A. D., Fernández Moroni, I., Gutierrez, A., Ureta, M. S., & Casquero, M. J. (2010). ¿Está domesticado el girasol? *Ciencia Hoy*, 20(115), 20-29. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/16980>
- 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), Article 2. <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>
- Carrillo Criollo, J. F., Yumbla-Orbes, M., Carrillo Criollo, J. F., & Yumbla-Orbes, M. (2022). Caracterización morfológica y análisis de crecimiento de tres cultivares de *Helianthus annuus* L. para flor de corte. *Siembra*, 9(1). <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3323>
- 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), Article 10. <https://doi.org/10.3390/agronomy9100616>

- Echarte, L., Echarte, M. m., Cerrudo, D., Gonzalez, V. h., Alfonso, C., Cambareri, M., Hernandez, M. d., Nagore, M. l., & Maggiora, A. D. (2020). Sunflower evapotranspiration and water use efficiency in response to plant density. *Crop Science*, 60(1), 357-366. <https://doi.org/10.1002/csc2.20001>
- Etesami, H. (2020). Enhanced Phosphorus Fertilizer Use Efficiency with Microorganisms. En R. S. Meena (Ed.), *Nutrient Dynamics for Sustainable Crop Production* (pp. 215-245). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-8660-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-981-13-8660-2_8)
- FAOSTAT. (2023). *Indices de producción de semilla de girasol*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QI/visualize>
- Farweez, M. R., Teama, E. A., El- Nager, G. R., & Said, M. T. (2020). Effect of Plant Density and Nitrogen Fertilizer Splitting on the Production of Sunflower. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 51(2), 64-73. <https://doi.org/10.21608/ajas.2020.115957>
- Friedman, S. P. (2024). Relationships between combined and individual field crops' biomass and planting density. *Field Crops Research*, 305, 109188. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.109188>
- Gómez Ariza, M., Ordóñez Fernández, R., Sánchez Ruiz, F., & Gómez Ariza, M. R. (2022). Girasol en siembra directa: Estrategias de fertilización con microcomplejos y bioestimulantes. *Agricultura de conservación: AC*, 50, 8-14. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8425707>
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., & Castro, N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba. Publicado en formato digital* (1.<sup>a</sup> ed.). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Hurtado, A. C., Díaz, Y. P., Calzada, K. P., Rodriguez, E. Q., & Viciado, D. O. (2019). Efecto de tres bioestimulantes en el comportamiento morfológico y productivo del cultivo del rábano (*Raphanus sativus* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 36(1), Article 1. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/27403>
- 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), Article 2. <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), Article 1. <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), Article 3. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n3.76272>
- Hurtado, A. C., Rodríguez, E. Q., Díaz, Y. P., Hernández, J. J., & Lizazo, I. C. (2020). Association between AzoFert® and efficient microorganism potentiates the growth and productivity of beans. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 37(4), Article 4. <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/33762>
- Hurtado, A. C., Rodríguez, E. Q., Díaz, Y. P., Hurtado, Y. G.-P., & Lorenzo, T. N. G. (2019). Microorganismos eficientes y vermicompost lixiviado aumentan la producción de pepino. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2), Article 2. <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1167>
- Ibrahim, B. A., Eldey, E. M., Ishag, A. A., & Naim, A. M. E. (2023). Response of Sunflower (*Helianthus annuus* L) to Plant Spacing. *Innovation in Science and Technology*, 2(2), Article 2. <https://www.paradigmpress.org/ist/article/view/541>
- 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.<sup>a</sup> ed.). <https://doi.org/10.1017/S0014479706394902>
- Kalenska, S., Ryzhenko, A., Novytska, N., Garbar, L., Stolyarchuk, T., Kalenskyi, V., & Shytiy, O. (2020). Morphological Features of Plants and Yield of Sunflower Hybrids Cultivated in the Northern Part of the Forest-Steppe of Ukraine. *American Journal of Plant Sciences*, 11(8), Article 8. <https://doi.org/10.4236/ajps.2020.118095>
- Kumari, P. K., Kumar, P. R., & Reddy, S. N. (2022). Studies on effect of manganese nutrition on quality parameters of sesame (*Sesamum indicum* L.). *International Journal of Horticulture and Food Science*, 4(2), 231-233. <https://doi.org/10.33545/26631067.2022.v4.i2c.147>

- Lambert G., T., Santiesteban S., R., Ceiro C., W. G., Fernández P., M. E., López C., G. de las M., Corrales M., W. C., Lambert G., T., Santiesteban S., R., Ceiro C., W. G., Fernández P., M. E., López C., G. de las M., & Corrales M., W. C. (2019). Efecto de bioproductos en la producción de *Phaseolus vulgaris* L. y *Arachis hipogaea* L. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 36(1), 59-66. <https://doi.org/10.22267/rcia.193601.98>
- Lorenzo, J. L. M., Pita, A. L. D., & Hernández, A. V. (2018). Efectos de dos biofertilizantes en el desarrollo del girasol. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(4), Article 4. <https://doi.org/10.19084/RCA17256>
- María Andrea, L., & José Ramón, M. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(2), Article 2. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/84>
- Mehta, A. K., Shahi, S. K., Maurya, S. K., Patel, K. K., Yadav, R., Gupta, D., Chaubey, C., & Sharma, P. K. (2024). Impact of Integrated Nutrient Management on Growth and Properties of Soil in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *International Journal of Plant & Soil Science*, 36(5), Article 5. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i54553>
- Mladenović, E., Cvejić, S., Jocić, S., Ćuk, N., Čukanović, J., Jocković, M., & Marjanović Jeromela, A. (2020). Effect of plant density on stem and flower quality of single-stem ornamental sunflower genotypes. *Horticultural Science*, 47(1), 45-52. <https://doi.org/10.17221/10/2019-HORTSCI>
- MNAG. (2020). *Cultivos y técnicas para su producción* (1.<sup>a</sup> ed.). Ministerio de la Agricultura.
- Modanlo, H., Baghi, M., & Ghanbari Malidarreh, A. (2021). Sunflower *Helianthus annuus* L.) grain yield affected by fertilizer and plant density. *Central Asian Journal of Plant Science Innovation*, 1(2). <https://doi.org/10.22034/CAJPSI.2021.02.05>
- Mouliaá, L. R. de V., Martínez, A. B. L., & Muria, A. (2021). Validação por expertos de uma proposta metodológica para promoção de atitudes positivas perante a deficiência em ambientes inclusivos. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 21(1), 162-178. <https://www.redalyc.org/journal/2270/227066207010/html/>
- Quintero Rodríguez, E., Calero Hurtado, A., Pérez Díaz, Y., Enríquez Gómez, L., Quintero Rodríguez, E., Calero Hurtado, A., Pérez Díaz, Y., & Enríquez Gómez, L. (2018). Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. *Centro Agrícola*, 45(3), 73-80. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0253-57852018000300073&lng=es&nrm=iso&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0253-57852018000300073&lng=es&nrm=iso&tlng=pt)

- Raj, D., Kandhro, M. N., Buriro, M., Jamro, G. M., & Channa, S. A. (2024). Effect of agronomic amendments on growth and yield of sunflower. *Pakistan Journal of Biotechnology*, 21(1), Article 1. <https://doi.org/10.34016/pjbt.2024.21.01.844>
- Rezaizad, A., Arman, S., Sadatasytan, K., & Mansourifar, S. (2022). Effect of plant density and drought stress on important agronomic characteristics of confectionery sunflower. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(4), 991-1003. <https://doi.org/10.22077/escs.2021.4177.1985>
- 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 Fitotecnica Mexicana*, 46(1), 3-10. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.1.3>
- Rodríguez, L. L., Osa, J. G. de la, & Rigo, M. D. (2018). Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento del cultivo del girasol (*Helianthus annuus* L.), var. Caburé – 15 en suelos arroceros. *InfoCiencia*, 22(1), Article 1. <http://www.infocienciass.cu/index.php/infociencia/article/view/419>
- Seibert, M. L., Rosa, G. M. da, Volpi, G. B., Trombetta, L. J., Turchetto, R., & Mahnke, M. R. (2024). Sunflower genotype performance in different spacing in the northeast for Rio Grande do Sul. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, 17(1), 103-120. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.1-007>
- Seiler, G. J. (2022). Germination and viability of wild sunflower species seeds stored at room temperature and low humidity for 38 years. *Seed Science and Technology*, 50(3), 307-415. <https://doi.org/10.15258/sst.2022.50.3.01>
- Sher, A., Suleman, M., Qayyum, A., Sattar, A., Wasaya, A., Ijaz, M., & Nawaz, A. (2018). Ridge sowing of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in a minimum till system improves the productivity, oil quality, and profitability on a sandy loam soil under an arid climate. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(12), 11905-11912. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1336-4>
- 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), Article 1. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.25054>

- Simón, L. A. Y., Hurtado, A. C., & Carvalho, L. B. de. (2023). Influencia de diferentes densidades de plantas en la productividad de la soya. *InfoCiencia*, 27(3), Article 3. <http://www.infocienciass.cu/index.php/infociencia/article/view/1281>
- Soleymani, A. (2017). Light response of sunflower and canola as affected by plant density, plant genotype and N fertilization. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 173, 580-588. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.06.038>
- Statista. (2023). *Aceite de girasol: Producción mundial 2012-2023*. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/1009911/produccion-mundial-de-aceite-de-girasol/>
- Zapletalová, A., Ernst, D., & Černý, I. (2023). Effect of growing factors on production and fatty acid composition of sunflower schenes. *Acta Fytotechnica et Zootechnica :: ISSN 1336-9245*, 26(3), Article 3. <http://acta.fapz.uniag.sk/journal/article/view/266>



## ANEXOS

### Anexo 1. Coeficiente de competencia de los expertos

Expertos	K	Clasificación como experto	Nivel académico/formación	Años de experiencia en la producción agrícola	Especialidad
1	0,90	Alta	Doctora	25	Agroecología
2	0,92	Alta	Doctor	20	Agrónomo
3	0,74	Media	Ingeniero	5	Pecuario
4	0,65	Media	Técnico medio	2	Productor
5	0,33	Baja	Bachiller	3	Productor

Fuente: elaboración propia.