

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FCA
Facultad de
Ciencias Agropecuarias

Agronomía

TRABAJO DE DIPLOMA

Efecto del FitoMas – E sobre indicadores de crecimiento, rendimiento y
poscosecha del girasol (*Helianthus annuus* L. cv. CIAP JE- 94)

Autora: Enedina Brunet Salazar

Tutor: Dr. C. Ahmed Chacón Iznaga

Santa Clara, junio, 2018
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

Agradecimientos

Agradecimientos a:

- ♥ *En primer lugar, a mis padres Ramona Salazar y Modesto Brunet por la comprensión, el amor y el apoyo durante todos estos años.*
- ♥ *A mi tutor el Dr. C. Ahmed Chacón Iznaga por su apoyo, su dedicación y por estar presente en mi formación cuando lo necesitaba.*
- ♥ *A mi esposo Angel Luis López Reyes, ya que a pesar de no estar a mi lado durante los 5 años, su apoyo, amor y comprensión han sido uno de mis motores impulsores para terminar mi carrera.*
- ♥ *A mi familia, por el apoyo brindado durante el trascurso de mi carrera.*
- ♥ *A todos los profesores que contribuyeron en mi formación profesional a lo largo de los 5 años de carrera.*
- ♥ *A mis compañeros de aula por compartir tristezas y alegrías.*
- ♥ *A la Revolución Cubana que me ha formado y educado.*

Una vez más, muchas gracias a todos

Dedicatoria

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de Diploma:

- ♥ *A mis padres Ramona Salazar y Modesto Brunet por formar parte de este proceso brindándome todo su amor y dedicación en estos años.*
- ♥ *A mi prima Idalia por su apoyo en los momentos difíciles que me tocó enfrentar para lograr ingresar a la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.*
- ♥ *A mi Tía Noemi por todo su amor durante toda mi vida y por su apoyo para culminar mi carrera.*
- ♥ *Al Dr. C. Ahmed Chacón Iznaga por cuanto a contribuido en mi formación*

Pensamiento

Pensamiento

Dadas las circunstancias adecuadas, sin más base que los sueños, la determinación y la libertad de intentarlo, personas muy corrientes hacen constantemente cosas extraordinarias.

Dee Ward Hock

Resumen

Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto del FitoMas-E sobre indicadores de crecimiento, rendimiento y poscosecha del cultivo de girasol (*Helianthus annuus* L. cv. CIAP JE- 94), se desarrolló una investigación en el área experimental de granos ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, sobre un suelo Pardo mullido carbonatado. El experimento se desarrolló durante el periodo poco lluvioso, en los meses de diciembre de 2015 a abril de 2016. Se aplicaron dosis de FitoMas-E a razón de 2; 2.5 y 3 L ha⁻¹. Se evaluaron fases fenológicas vegetativas y reproductivas, índices de crecimiento, indicadores de rendimiento y de poscosecha. Se demostró que la aplicación de FitoMas-E influyó en la transición de las fases vegetativas a las etapas reproductivas y en la duración del ciclo biológico de las plantas. En las plantas con aplicación de dosis de 3 L ha⁻¹ de FitoMas-E, se observaron los valores máximos en los índices de crecimiento, peso de 1000 aquenios, componentes del rendimiento agrícola e indicadores poscosecha evaluados, con diferencias estadísticas significativas con relación a los demás tratamientos. Finalmente se demostró que este cultivar bajo la aplicación de diferentes dosis de FitoMas-E alcanzó un rendimiento agrícola superior a las 3.40 t ha⁻¹ bajo el efecto de las tres dosis de FitoMas-E evaluadas. De igual manera, la mayor efectividad económica se obtuvo con la aplicación de FitoMas-E a razón de 3 L ha⁻¹ con un valor de \$330.73.

Índice

Índice

1. Introducción.....	1
2. Revisión bibliográfica.....	3
2.1. El cultivo de girasol en Cuba.....	3
2.1.1. Características del cultivar CIAP JE-94.....	4
2.2. Caracterización botánica de la planta	4
2.3. Fenología del cultivo en relación con los factores climáticos	6
2.4. Requerimientos de suelo y agua.....	7
2.5. Manejo agrotécnico del cultivo	8
2.5.1. Preparación de suelos	8
2.5.2. Siembra y densidad de población.....	9
2.5.3. Riego y fertilización	10
2.5.4. Manejo de plagas	11
2.5.5. Cosecha y poscosecha.....	11
2.6. Aspectos generales del FitoMas-E	12
3. Materiales y métodos.....	14
3.1. Efecto del FitoMas-E sobre la duración de fases fenológicas.....	15
3.2. Efecto del FitoMas-E sobre índices de crecimiento	15
3.2.1. Altura de la planta.....	15
3.2.2. Número de hojas y diámetro del tallo.....	15
3.2.3. Área foliar, índice de área foliar y potencial fotosintético.....	16
3.2.4. Producción de materia seca	16
3.3. Efecto del FitoMas-E sobre indicadores de rendimiento.....	17
3.3.1. Componentes del rendimiento agrícola	17
3.3.2. Rendimiento económico e índice de productividad foliar.....	17
3.3.3. Peso de 1000 aquenios y rendimiento agrícola.....	17
3.4. Efecto del FitoMas-E sobre indicadores de poscosecha.....	17
3.4.1. Dimensiones ortogonales y esfericidad de las semillas	17
3.4.2. Poder germinativo (% PG)	18

3.5. Efectividad económica según dosis de FitoMas-E aplicadas	18
3.6. Procesamiento estadístico	19
4. Resultados y discusión.....	20
4.1. Efecto del FitoMas-E sobre la duración de fases fenológicas	20
4.2. Efecto del FitoMas-E sobre índices de crecimiento	21
4.2.1. Altura de la planta.....	21
4.2.2. Número de hojas y diámetro del tallo	22
4.2.3. Área foliar, índice de área foliar y potencial fotosintético	24
4.2.4. Producción de materia seca	28
4.3. Efecto del FitoMas-E sobre indicadores de rendimiento	29
4.3.1. Componentes del rendimiento agrícola	29
4.3.2. Rendimiento económico e índice de productividad foliar	30
4.3.3. Peso de 1000 aquenios y rendimiento agrícola.....	32
4.4. Efecto del FitoMas-E sobre indicadores de poscosecha.....	33
4.4.1. Dimensiones ortogonales y esfericidad de las semillas	33
4.4.2. Porcentaje de germinación	34
4.5. Efectividad económica según dosis de FitoMas-E aplicadas	35
5. Conclusiones.....	37
6. Recomendaciones	38
7. Referencias bibliográficas.....	
8. Anexos	

Introducción

1. Introducción

El cultivo de girasol (*Helianthus annuus* L.) se caracteriza por presentar cierta rusticidad, requiere suelos fértiles profundos y con buen drenaje para su mejor desarrollo y mejor rendimiento. Para lograr una cama de siembra adecuada se recomienda una labor de aradura y de dos a tres pases de rastra (Fernández, 2016a; Fernández, 2016b).

Numerosas investigaciones permiten demostrar que las condiciones climáticas que se presentan en el país en el periodo poco lluvioso, desde septiembre y hasta marzo, son favorables para el desarrollo del cultivo, lo que ubica la fecha de siembra en el período comprendido desde agosto hasta diciembre, siendo los meses de noviembre y diciembre los óptimos (Alemán, 2003).

En Cuba, se emplean varios bioestimulantes que permiten a los cultivos superar las situaciones de estrés en las condiciones adversas del medio, favoreciendo el crecimiento, desarrollo y el rendimiento con una disminución del uso de sustancias químicas (Cussianovich, 2001; López y Pouza, 2014). Sin embargo, actualmente en la provincia de Villa Clara, no están definidas las dosis óptimas de FitoMas-E, con las que se alcanza el nivel de equilibrio en los indicadores de crecimiento, rendimiento y poscosecha del cultivo de girasol cv. CIAP JE- 94.

El FitoMas-E es un bioestimulante obtenido como derivado de la industria azucarera cubana, producido a base de sustancias bioquímicas de alta energía, propias de los vegetales superiores, principalmente aminoácidos, bases nitrogenadas, sacáridos y polisacáridos bioactivos. Este producto fue creado y desarrollado por el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), en el marco de los proyectos de investigaciones del Ministerio del Azúcar (Montano *et al.*, 2007).

Se recomienda el uso de este bioestimulante mediante aplicaciones foliares. El empleo de dosis óptimas del FitoMas-E propicia el intercambio suelo-planta de sustancias útiles, con lo que se incrementa la población microbiana autóctona, simbiótica y asociada, en la zona de la rizosfera y facilita la producción natural de hormonas y otras

sustancias esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta (Vera, 2002; Mariña, 2010).

Borges (2005), Hernández (2007) y Almenares (2007) han reportado el efecto de diferentes dosis de FitoMas-E en condiciones de producción y han obtenido incrementos significativos el rendimiento de los cultivos estudiados. No se han comprobado las dosis óptimas de FitoMas-E, con las que se alcanza el nivel de equilibrio en los indicadores de crecimiento, rendimiento y poscosecha del cultivo de girasol cv. CIAP JE- 94.

Las referencias anteriores conllevan al planteamiento de la siguiente hipótesis,

La aplicación de FitoMas-E sobre el cultivo de girasol, permitirá definir las dosis que influyen de forma óptima en sus indicadores de crecimiento, rendimiento y poscosecha.

Para comprobar la hipótesis se proponen los siguientes objetivos,

Objetivo general

Evaluar el efecto del FitoMas-E sobre indicadores de crecimiento, rendimiento y poscosecha del cultivo de girasol.

Objetivos específicos

1. Comparar la duración de fases fenológicas vegetativas y reproductivas, ante la aplicación de diferentes dosis de FitoMas-E.
2. Evaluar índices de crecimiento e indicadores de rendimiento en el cultivo seleccionado según diferentes dosis de FitoMas-E aplicadas.
3. Evaluar la calidad poscosecha de los aquenios de girasol según las dosis de FitoMas-E seleccionadas.
4. Determinar la efectividad económica de las diferentes dosis de FitoMas-E aplicadas en el periodo de siembra seleccionado.

Revisión bibliográfica

2. Revisión bibliográfica

2.1. El cultivo de girasol en Cuba

En Cuba, los primeros informes acerca de su utilización datan de 1930. De acuerdo con Padilla (2006), a partir de esa fecha se incrementó la siembra para la producción artesanal de aceite, en pequeña y mediana escala, fundamentalmente con los cultivares Caburet-15, Cubasol-113 y Vinit, en un programa de siembra que alcanzó aproximadamente 25 000 ha en todo el país.

Antes del triunfo de la Revolución cubana, el cultivo del girasol (*H. annuus* L.) fue sembrado por la *Hershey Corporation* para la explotación comercial, aunque después su siembra se redujo considerablemente. En este aspecto, Alemán y Quintero (2002) reportan que aunque se ha sembrado en el país desde los años 30 con resultados por lo general satisfactorios, nunca ha logrado un nivel importante de superficie sembrada, por lo que sigue siendo un cultivo poco conocido.

A partir de la década del 60 del pasado siglo XX, se intentó la evaluación de nuevas variedades y se hicieron estudios agronómicos. Así, se lograron rendimientos en el orden de 1.59 t ha⁻¹ de grano para una variedad local, con pocos éxitos en las variedades introducidas (Suárez y Herrera, 1969; Padilla, 2006).

Simultáneamente, en la provincia de las Tunas se desarrolló un programa, asesorado por técnicos italianos, para la siembra de 6 700 ha de híbridos y variedades de girasol. En ese mismo período se introdujeron en el país cinco híbridos españoles, para su evaluación en las condiciones edafoclimáticas de Cuba (Padilla, 2006).

Actualmente, según Alemán (2003), la estrategia a seguir para satisfacer la necesidad humana de consumo de aceite vegetal se relaciona estrechamente con la expansión del cultivo del girasol (*H. annuus* L.). No obstante, para entender el problema de la productividad del girasol es necesario enfocarlo de una manera integral (Stocking, 2003; Lobell *et al.*, 2008).

Lo anterior se basa en que en las condiciones actuales, cuando no se dispone de aceite para la población, ni combustible para el riego, ni fertilizantes, ni productos fitosanitarios; el girasol se presenta como una alternativa viable (Smith *et al.*, 2009).

2.1.1. Características del cultivar CIAP JE-94

Según Alemán (2003) el cultivar CIAP JE-94 ha sido seleccionado y estudiado en Cuba por su buena respuesta agronómica a partir de un material genético de nombre y origen desconocido procedente de Chile. Es un cultivar semi-tardío (100 – 115 días), porte medio (160 – 180 cm), cabezuela media (14 – 16 cm). Presenta buena adaptabilidad y estabilidad genotípica en condiciones ambientales diversas. El período de siembra es de agosto a enero y el óptimo de noviembre a diciembre. Presenta tolerancia al ataque de hongos de los géneros *Alternaria* y *Oidium*. Otras características son:

1. Ángulo de inserción de la hoja- 45° .
2. Número de aquenios por capítulo- 1 600.
3. % de aceite- 49.
4. Color del aquenio- blanco jaspeado en negro.
5. Distancia de siembra- 0.70 a 0.90 x 0.20 m de narigón.
6. Densidad de siembra- 4 – 5 plantas m^{-2} .
7. Rendimiento potencial experimental- $5.1 t ha^{-1}$
8. Rendimiento agrícola- $1.0 – 2.5 t ha^{-1}$

2.2. Caracterización botánica de la planta

Es una planta anual dicotiledónea de la familia *Asteraceae*, con un desarrollo vigoroso en todos sus órganos. Su ubicación taxonómica es,

Reino- *Plantae*

División- *Magnoliophyta*

Clase- *Magnoliopsida*

Orden- *Asterales*

Familia- *Asteraceae*

Género- *Helianthus*

Especie- *H. annus*

El sistema radicular está formado por una raíz pivotante y un sistema de raíces secundarias de las que surgen las terciarias que exploran el suelo en sentido horizontal y vertical. Generalmente, la longitud de la raíz principal sobrepasa la altura del tallo. Al

respecto, Pizarro (2009), reporta que la raíz pivotante puede llegar hasta los 2 m de profundidad, y cuando tropieza con obstáculos naturales desvía su trayectoria vertical y deja de explorar las capas profundas del suelo. Sobre las raíces secundarias y terciarias este autor reporta que se desarrollan entre los 5 y 30 cm de profundidad. La máxima profundidad que alcanza el sistema radicular coincide con la floración.

El tallo es de consistencia semileñosa y maciza en su interior, siendo cilíndrico y con un diámetro variable entre 2 y 6 cm, y una altura hasta el capítulo entre 140 cm y 200 cm, aunque existen cultivares que sobrepasan la misma. La superficie exterior del tallo es rugosa y vellosa, excepto en su base. En la madurez el tallo se inclina en la parte terminal debido al peso del capítulo. El girasol se orienta hacia la luz gracias a la acumulación de una auxina (un regulador del crecimiento) en la parte sombreada del tallo, que crece más deprisa e inclina la planta hacia el sol (Mateos, 2004).

Según Monsote *et al.* (2003) y Sankar (2003), las hojas son muy grandes y con largos pecíolos. Los dos o tres pares de la base son opuestos y a partir del tercero o cuarto par son alternas. El color de las hojas varía desde verde oscuro al amarillo y su número oscila entre las 12 y 40 hojas en función de las condiciones del cultivo y la variedad.

Según Mateos (2004) el área foliar y rendimiento están estrechamente correlacionados en cultivos de girasol de secano, existiendo además una correlación positiva entre el rendimiento final y el nivel de materia seca acumulado hasta la antesis, lo que está indicando la importancia de las condiciones climáticas durante el crecimiento vegetativo para el rendimiento final.

En este cultivo se presentan dos tipos de flores, liguladas y tubulosas, agrupadas en una inflorescencia en forma un capítulo terminal. Ambos tipos de flores se insertan en el receptáculo discoidal, las liguladas generalmente de color amarillo se disponen en la periferia semejando pétalos, mientras que las tubulosas, menos vistosas, se insertan más hacia el centro. El capítulo tiene un diámetro que varía entre 10 y 40 cm (Dellepiane *et al.*, 2015).

López *et al.* (2008), refiere que es una planta típicamente alógama, en la cual la autofecundación se produce raras veces. La semilla del girasol contiene hasta un 52%

de aceite de muy buena calidad, por lo cual es uno de los cultivos oleaginosos más importantes del mundo. También es rico en contenido de vitaminas A, D y E.

2.3. Fenología del cultivo en relación con los factores climáticos

La fenología es la descripción de cada una de las etapas de la vida de la planta. Estas etapas deben ser conocidas y distinguidas, porque cada una representa distintas funciones metabólicas, requerimientos de agua, cantidad de nutrientes y balance de los mismos (Moreno *et al.*, 2014; Yzarra, 2014; Gregoretti y Santinelli, 2015).

Duarte (2004) refiere que casi todas las escalas reportadas sobre la fenología del cultivo de girasol comprenden 4 estadios o fases principales:

1. Siembra - Emergencia.
2. Emergencia - Iniciación Floral.
3. Iniciación Floral - Floración.
4. Floración – Madurez Fisiológica.

Según Pereira (2003), la emergencia del girasol es dependiente de la temperatura del suelo. Tiene una capacidad germinativa hasta temperaturas entre 2 y 5° C, presentando mayor energía germinativa a temperaturas bajas. Los suelos más recomendables para este cultivo son los de textura arcillo-arenosa con capa freática a no mucha profundidad, además es tolerante a suelos salinos. Debido a la capacidad que tiene esta planta para explorar horizontes en busca de agua, los suelos deben tener buena retención de agua, por tanto deben evitarse los suelos arenosos. La reacción del suelo (pH) más conveniente está entre 5.7 y 8. A pH inferior a 5.7 puede haber una reducción en las disponibilidades de fósforo y boro. Zhao *et al.* (2006) reportan que por encima de 8 pueden incrementarse los niveles de sodio (Na) a niveles tóxicos y se reducen las disponibilidades de hierro (Fe) y manganeso (Mn). De acuerdo a Monar (2008) una vez que se ha equilibrado la carga de aniones y cationes en la solución del suelo, los procesos de asimilación de nutrientes son más efectivos.

Las diferencias en cuanto a la aparición de hojas, fecha de floración y a la duración de las fases de crecimiento y desarrollo son atribuidas al fotoperiodo. Dentro de los procesos que van a afectar la formación de hojas, aparte de los factores genéticos, juegan un rol

importante las condiciones del medio tales como temperatura, luz y nutrientes, principalmente nitrógeno. Al incrementarse la temperatura, la tasa de aparición de las hojas se incrementa. Durante la fase reproductiva el fotoperiodo deja de tener influencia y comienza a tener importancia la intensidad y la calidad de la luz, por tanto un sombreado en plantas jóvenes produce un alargamiento del tallo y reduce la superficie foliar (Alezones *et al.*, 2014; Escalante *et al.*, 2015a; Sáez, 2016). A su vez, la temperatura es un factor de gran importancia en la tasa de formación del área foliar.

La formación y proceso de llenado de los aquenios constituyen dos fases distintas cuya duración depende en gran medida de la temperatura y disponibilidad hídrica. En la primera fase, paralelamente con la formación y desarrollo de los aquenios, tiene lugar la acumulación intensa del aceite y la estabilización del mismo, mientras que en la segunda se intensifica el proceso de llenado, aumentando el peso y tamaño de los aquenios, mientras que el contenido relativo de aceite permanece aproximadamente al mismo nivel (Vranceanu, 1997).

El cultivo tolera temperaturas extremas, considerándose como insensible al fotoperiodo lo que le permite adaptarse a diversas condiciones ambientales. No obstante, temperaturas altas, superiores a 30 o 35° C durante la antesis, reducen la viabilidad del polen, de modo que en la fase de floración sería la principal causa en la reducción del porcentaje de aquenios formados aún en genotipos altamente compatibles. Es importante tener en cuenta que las abejas reducen drásticamente sus vuelos con temperaturas inferiores a 10° C y superiores a 38° C y la polinización es escasa con temperaturas de 13 a 15° C aun tratándose de colonias apícolas bien constituidas. Este cultivo es exigente a la radiación solar, la cual aprovecha muy bien por tener una elevada tasa de asimilación neta (TAN).

2.4. Requerimientos de suelo y agua

Según Aguilar (2013), no es una planta muy exigente en cuanto a calidad del suelo se refiere. Crece bien en la mayoría de texturas, aunque prefiere terrenos arcillo - arenosos. Además no requiere una fertilidad tan alta como otros cultivos. Sí necesita, sin embargo un buen drenaje. Este cultivo explora muy bien el terreno, aprovechando los elementos nutritivos disponibles, extrayendo cantidades relativamente importantes

de nitrógeno, fósforo y potasio y agotando en muchos casos suelos bien provistos. De acuerdo con Pizarro (2009), no es una planta muy sensible a variaciones del pH en el suelo, tolera suelos con pH que van desde 5.8 hasta más de 8.

Avidan (2002), reporta que la evapotranspiración de los cultivos o uso consuntivo, representa la suma de la transpiración y de la evaporación. Por el proceso de la transpiración, el agua absorbida por las raíces de las plantas es emitida por las hojas en forma de vapor de agua y reintegrada a la atmósfera. La evaporación representa el agua evaporada de la superficie del suelo y del follaje, es decir, las gotas de rocío y las que la lluvia deposita sobre las hojas de las plantas.

Durante la época de crecimiento activo y sobre todo en el proceso de formación y llenado de las semillas consume importantes cantidades de agua (López *et al.*, 2018). El consumo de agua será máximo durante el periodo de formación del capítulo, ya que toma casi la mitad de la cantidad total de agua necesaria. La secreción de néctar está influenciada por la humedad atmosférica durante la floración (Saumell, 2004).

Pizarro (2009), refiere que el amarillamiento de las hojas y la desecación por déficit hídrico influyen más sobre la vida útil que los problemas inherentes a la misma flor. Los problemas por estrés hídrico son bastantes comunes y bastante visibles sobre todo en los cultivares de inflorescencia grande en consideración al peso de las mismas (Cicconi *et al.*, 2014). El amarillamiento de las hojas es mucho más difícil de prevenir y no existe en la actualidad un tratamiento que sea realmente eficiente. La adición de ácido cítrico a la solución de hidratación hasta lograr un pH de 3.8 evita el crecimiento de bacterias que puede obstruir los vasos del tallo.

2.5. Manejo agrotécnico del cultivo

2.5.1. Preparación de suelos

Ávila (2009), considera que una buena preparación de suelos proporciona a la semilla una cama óptima para su germinación y una adecuada superficie de anclaje de las raíces para el total desarrollo de la planta. La tolerancia del cultivo a la sequía se basa en el desarrollo de un sistema de raíces que profundiza y explora un gran volumen de suelo. Para que esto ocurra, se deben romper las capas compactadas que se han

producido por el tránsito de los implementos de labranza utilizados en la preparación previa del suelo para la siembra. En terrenos que van a ser cultivados por primera vez, luego de limpiarse bien los desechos dejados por la deforestación, se debe dar un pase de arado para fragmentar los restos de raíces. Posteriormente se recomienda dar dos pases de grada y finalmente un tercero que corresponde a la siembra. Según Dello Staffolo (2015); Hebbara (2015) y Reddy (2015); y se debe tener por norma evitar el sobre laboreo del terreno, ya que el mismo favorece la pérdida de materia orgánica

Para realizar la preparación del suelo para la siembra, se debe considerar la humedad del mismo, ya que si éste es preparado cuando posee mucha humedad, quedarán grandes terrones, causando problemas en la uniformidad de la emergencia de la plántula de girasol, además de ocasionar a las plántulas, daños mecánicos y problemas de estrés hídrico, que son más acentuados en suelos pesados, ya que quedan grietas en el terreno por donde circula el aire produciéndose una evaporación del agua que se encuentra en los poros del suelo.

2.5.2. Siembra y densidad de población

Lo más importante es la siembra en la época adecuada, según la zona, ya que a medida que se atrasa la fecha de siembra el girasol acorta su ciclo, lo que disminuye no solo el rendimiento en aquenios, sino también el contenido de aceite (Tang *et al.*, 2002; Casini, 2010; López *et al.*, 2016).

Alemán (2003) refiere que la fecha de siembra óptima de girasol en Cuba es del 15 de noviembre al 15 de diciembre, ya que el cultivo se desarrolla en condiciones de temperaturas frescas y en el momento de cosecha presenta poca afectación por lluvias. Atrasos en la fecha de siembra del girasol producen pérdidas de rendimiento y contenido de aceite, asociados básicamente al acortamiento del período vegetativo.

La profundidad de siembra depende del tipo de suelo, suelto o compacto y de la humedad que tenga. En suelos sueltos se profundiza hasta 7 – 8 cm, en cambio en los suelos compactos no conviene sobrepasar de los 4 – 5 cm. Siempre que la semilla se encuentre en contacto con la humedad del suelo, será recomendable sembrar lo más superficialmente posible para facilitar la rápida emergencia de la planta (Kaewmeechai y Potan, 1996; Akhtouch *et al.*, 2013). La cantidad de semilla suele oscilar entre 5 y 6 kg

ha⁻¹, con una distancia de 70 cm entre hileras y de 30 a 35 cm entre plantas de una hilera. No obstante, a nivel internacional existe discrepancia sobre los resultados obtenidos bajo diferentes condiciones. Puede notarse como tendencia general, que poblaciones excesivas, producto de distancias muy cortas tanto entre hileras como entre plantas, son contraproducentes por su efecto negativo sobre los principales componentes de rendimiento (Seneviratne, 2004). Al respecto Cholaky *et al.* (1983) argumentan que la población de plantas en cultivares de girasol va a afectar directamente los diámetros del tallo y la inflorescencia de modo que las altas poblaciones provocan una marcada disminución de ambos. A su vez los componentes del rendimiento se ven afectados por la densidad de población. Tanto el número de aquenios por capítulo como el peso unitario de los mismos disminuyen sensiblemente en altas densidades de población.

Aleman-Perez *et al.* (2016), reportan que la densidad de siembra, como factor determinante de los rendimientos de aquenio, altura de la planta, diámetro de capítulo y densidad de plantas a cosecha, no podía dejar de formar parte del proceso de investigación en el campo agrícola, en lo que respecta al cultivo. La densidad de plantación depende de las precipitaciones, la fertilidad y de los híbridos cultivados. Por cuanto los híbridos actuales, que tienen plantas de menor porte que los antiguos, necesitan una mayor densidad para cubrir correctamente el área.

2.5.3. Riego y fertilización

Para un rendimiento adecuado el girasol tiene que disponer en el suelo tanto de los nutrientes primarios nitrógeno, fósforo y potasio; como de otros nutrientes tales como calcio, magnesio, azufre y boro; y en caso de que los mismos no se encuentren en el suelo en cantidades adecuadas, estos deben ser agregados como fertilizantes.

Una práctica de fertilización adecuada requiere de un análisis de suelo previo, pero en términos generales se puede indicar que una fertilización apropiada debe proveer al cultivo de las cantidades por hectárea de los elementos primarios que se mencionan a continuación: 60 kg de N, 60 kg de P₂O₅ y 90 kg de K₂O. También son conocidos los requerimientos del girasol en elementos nutritivos como el calcio, magnesio y boro (Díaz *et al.*, 2016a; Sotelo *et al.*, 2016).

La madurez acelerada del cultivo de girasol va a depender del fósforo, ya que favorece el que los granos tengan menos humedad, y es indispensable para que la planta en su comienzo tenga el vigor necesario (Larrosa, 2015).

El agua es el factor de mayor importancia en la producción de este cultivo, aunque el exceso es perjudicial porque aumenta las posibilidades de vuelco y la incidencia de enfermedades. Para alcanzar un normal desarrollo y una producción rentable, requiere un mínimo de 300 a 500 mm. Se trata de una planta que aprovecha el agua de forma mucho más eficiente en condiciones de escasez, su sistema radicular extrae el agua del suelo a una profundidad a la que otras especies no pueden acceder. Requiere poca agua hasta unos diez días después de la aparición del capítulo donde se aplicará 50-60 litros por metro cuadrado. A partir de este momento las necesidades hídricas aumentan considerablemente y se mantienen hasta unos 25-30 días después de la floración aportando un segundo riego de 60 a 80 L m⁻² en plena floración.

2.5.4. Manejo de plagas

No se han encontrado ataques considerados dentro del rango de importancia económica de plagas, sin embargo, se han detectados algunas que son potencialmente dañinas, por lo que hay que mantener una actitud vigilante en las plantaciones para realizar los controles, en caso de ser necesario. La incidencia de las enfermedades está relacionada muy especialmente con las condiciones ambientales, durante el tiempo en el cual se desarrolla el cultivo. Se controlan con plaguicidas recomendados o a través de cultivares resistentes o tolerantes a la plaga. Las especies arvenses se controlan mediante herbicidas o por control mecánico con herramientas de labranza (Peña *et al.*, 2014). Actualmente la peor plaga que ataca al cultivo del girasol en Cuba son las aves, observándose daños de hasta un 20 – 30% de los rendimientos totales, atacando al cultivo en las fases finales de su ciclo provocando grandes afectaciones.

2.5.5. Cosecha y poscosecha

La cosecha puede comenzar cuando el cultivo tiene 16% de humedad o aún más, pero lo conveniente es entre 11% y 13%. Shafiullah (2001) y Díaz *et al.* (2016b), reportan que si se tienen en cuenta las pérdidas que se producen por daños ocasionados por las aves a los 35 días de antesis y los discretos aumentos en el contenido de aceite de los

aquenos entre los 28 y 35 días, habría que considerar en cada caso la conveniencia de cosechar a los 28 o dejar pasar siete días para ello. Se recomienda cosechar los capítulos antes de estar completamente secos para evitar mayores pérdidas.

2.6. Aspectos generales del FitoMas-E

Desde su aparición en la agricultura cubana el bionutriente FitoMas-E ha llamado poderosamente la atención por sus marcadas propiedades antiestrés (Montano *et al.*, 2007), puestas de manifiesto en las más disímiles situaciones relacionadas con la influencia de factores bióticos y abióticos adversos. La inducción de respuestas fisiológicas adecuadas ha evitado los daños que normalmente afectan a los cultivos estresados (Restrepo *et al.*, 2000).

Según los criterios de Montano (2008) este producto es una mezcla de sales minerales y sustancias bioquímicas de alta energía (aminoácidos, bases nitrogenadas, sacáridos y polisacáridos biológicamente activos), seleccionadas del conjunto más representado en los vegetales superiores a los que pertenecen las variedades de cultivo, formuladas como una suspensión acuosa que se debe agitar antes de su utilización (Tabla 1).

Tabla 1. Composición del FitoMas-E

Componente	g L⁻¹	% Peso/ Peso
Extracto orgánico	150	13
N total	55	4.8
K ₂ O	60	5.2
P ₂ O ₅	31	2.7

El propio autor refiere que este bionutriente no contiene hormonas de crecimiento, ni sustancias estimuladoras ajenas a la planta, ni microorganismos fijadores o solubilizadores de nutrientes, simbióticas o asociados, de ninguna clase. Contiene sólo sustancias propias del metabolismo vegetal. Vera (2002) y Mariña (2010) reportan que no es fitotóxico y se puede mezclar con la mayoría de los agroquímicos de uso corriente, aunque se debe probar previamente si no se tiene experiencia. Es un producto natural, antiestrés que estimula y vigoriza las plantas desde la germinación hasta la fructificación. Se recomienda su uso mediante aplicaciones foliares. Entre los

efectos más significativos se señala que aumenta y acelera la germinación de las semillas, ya sean botánicas o agámicas, estimula el desarrollo de raíces tallos y hojas, mejora la nutrición, la floración y cuajado de los frutos, frecuentemente reduce el ciclo del cultivo, potencia la acción de los herbicidas y otros plaguicidas lo que permite reducir la dosis recomendada, acelera el compostaje y la degradación de los residuos de cosecha, ayuda a superar los efectos negativos del estrés por salinidad, sequía, exceso de humedad, fitotoxicidad, enfermedades y plagas (Montano, 2008).

Puede aplicarse directamente al área foliar de la planta, así como en sistemas de fertirriego durante cualquier fase fenológica de un cultivo, independientemente de la parte del vegetal que constituya el interés económico de la cosecha. Se aplica en dosis desde 0.1 a 2.0 L ha⁻¹, según el cultivo, por vía foliar, siempre disuelto en agua hasta completar de 200 a 300 L ha⁻¹ de volumen final. Montano (2008) reporta que cuando se aplica por riego las dosis pueden ser del orden de los 5 L ha⁻¹. Se debe aplicar especialmente cuando la plantación ha sufrido ataques de plagas, atraviesa una etapa de sequía o sufre por exceso de humedad. También si las temperaturas han sido muy altas o bajas, cuando existen problemas de salinidad, ha sido afectado por sustancias químicas, por metales pesados.

Se almacena en los lugares habituales, no requiere condiciones especiales. Debe evitarse el contacto y transporte junto con alimentos. Para su empleo en el campo son suficientes los procedimientos comunes a este tipo de operación. FitoMas-E no es tóxico a los animales ni a las personas a las dosis de empleo. En caso de vertimiento del formulado se debe diluir con suficiente agua, el producto desaparece en poco tiempo debido a que es metabolizado por los organismos vegetales y animales del medio. El producto permanece sin alteración por dos años después de la fecha de fabricación como mínimo. Ha sido registrado en el Registro de Plaguicidas del MINAGRI y se está en espera del otorgamiento del Registro de Fertilizantes (Montano, 2008).

Materiales y métodos

3. Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en el área experimental de granos ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, provincia de Villa Clara. El experimento se llevó a cabo durante el periodo poco lluvioso que incluyó los meses de diciembre 2015 a abril 2016. Se utilizó un diseño de cuadrado latino (Figura 7, Anexos). Las parcelas experimentales tuvieron un área de 24 m², con 6 m de largo por 4 m de ancho.

Se utilizó el cultivar de girasol CIAP JE- 94. La siembra se efectuó de forma manual sobre un suelo Pardo mullido carbonatado, según la nueva versión de clasificación de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999). El marco de siembra utilizado fue de 0.90 m x 0.30 m y se depositaron dos semillas por nido, a una profundidad de 0.05 m aproximadamente. Se realizó un raleo a los siete días de la emergencia, conservándose la distancia entre plantas establecida. Se realizó el control mecánico de plantas indeseables en el momento necesario. Se emplearon tres tratamientos:

- 1 – Control (sin aplicación de FitoMas-E)
- 2 – FitoMas-E (dosis 2 L ha⁻¹) según Montano, 2008.
- 3 – FitoMas-E (dosis 2.5 L ha⁻¹) según Montano, 2008.
- 4 – FitoMas-E (dosis 3 L ha⁻¹) según Montano, 2008.

La aplicación del FitoMas-E se realizó sobre el follaje en horas tempranas de la mañana para atenuar los efectos del viento. Se aplicó dos veces durante el ciclo del cultivo a los 35 y 55 días después de la emergencia respectivamente, con una solución final de 300 L ha⁻¹. Se utilizó una mochila manual Matabi de 16 L de capacidad, con boquilla de inundación (flood – jet) Lurmark AN 2.5, con presión de 1.5 a 2.0 bar, según los parámetros técnicos de la misma. Se realizaron las siguientes evaluaciones a siete plantas por tratamiento.

3.1. Efecto del FitoMas-E sobre la duración de fases fenológicas

Se determinó la duración de algunas fases fenológicas vegetativas y reproductivas en el cultivo (Tabla 2), de las descritas por Trapani *et. al.* (2004), desde la emergencia (VE) hasta la madurez fisiológica (R9), para lo cual se observaron las plantas, dos veces por semana en cada réplica, anotándose el estado de desarrollo en que se encontraban las mismas.

Tabla 2. Fases fenológicas a evaluar en el cultivo.

Fases	Descripción
VE	Emergencia.
V6	Formación de 6 hojas verdaderas.
R1	Iniciación floral.
R2	Diferenciación del receptáculo.
R5.1	Floración (10%).
R5.5	Floración (50%).
R6	Floración completa.
R7	El envés del capítulo comienza a colorearse amarillo pálido
R9	Madurez fisiológica.

3.2. Efecto del FitoMas-E sobre índices de crecimiento

Los índices de crecimiento se evaluaron en las fases fenológicas V6, R1, R5.1 y R6.

3.2.1. Altura de la planta

La altura de la planta se midió desde el nivel del suelo hasta el ápice o la base del capítulo según el momento de evaluación. Se empleó una regla milimetrada.

3.2.2. Número de hojas y diámetro del tallo

A partir de R1 se contaron las hojas hasta la fase fenológica en que el número de estas se mantuvo constante (R6). El diámetro del tallo se midió en el tercer nudo con el empleo de un pie de Rey.

3.2.3. Área foliar, índice de área foliar y potencial fotosintético

El área foliar se calculó mediante la fórmula siguiente:

$$AF = \sum (LxA) \cdot F$$

L- Longitud del limbo foliar; A- Ancho del limbo foliar en la zona media;
 F- Factor= 0.6683 (Espinosa, 1991).

El índice de área foliar (IAF) corresponde a la superficie foliar que cubre una determinada extensión de suelo en la cual se desarrolla el cultivo y permite tener una idea de la zona fotosintetizante potencialmente apta para captar la radiación solar incidente. Se determinó mediante la fórmula:

$$IAF = \frac{AF}{A},$$

AF: Área Foliar total de la planta; A: Área vital de la planta

El potencial fotosintético (PF) Es la superficie de AF de hojas vivas que ha trabajado a lo largo del ciclo de la planta (cm² d⁻¹). Se calculó a partir de la sumatoria de los resultados obtenidos en tres intervalos (V6 – R1, R1 – R5.1, R5.1 – R6).

Se utilizó la fórmula:

$$PF = \sum \frac{AF_{i1} - AF_{f1}}{2} t_{i1f1} + \frac{AF_{f2} - AF_{i2}}{2} t_{i2f2} + \frac{AF_{f3} - AF_{i3}}{2} t_{i3f3}$$

AF_i- Área foliar inicial; AF_f- Área foliar final; t_i- tiempo inicial; t_f- tiempo final.

3.2.4. Producción de materia seca

La producción de materia seca de los diferentes órganos de la planta (raíces, tallo, hojas) se determinó con el empleo de una estufa MERMERT con tiro forzado de aire a 65 °C, hasta obtener peso constante. Se procedió al pesaje de las muestras en la balanza descrita anteriormente.

3.3. Efecto del FitoMas-E sobre indicadores de rendimiento

3.3.1. Componentes del rendimiento agrícola

En el momento de cosecha se evaluaron los siguientes componentes del rendimiento agrícola: diámetro del capítulo, diámetro de la zona improductiva, número de aquenios por capítulo, peso de aquenios por capítulo, peso de aquenios por planta (g).

3.3.2. Rendimiento económico e índice de productividad foliar

Se evaluó el rendimiento económico (RE) que es la producción de materia seca del fruto agrícola (aquenios) por planta.

El índice de productividad foliar (IPF) es el peso del fruto agrícola (aquenios) producido por unidad de área de limbo foliar por día. Se calculó mediante la fórmula:

$$IPF = \frac{PSF}{PF} = \text{g cm}^{-2} \text{ d}^{-1} \quad \text{PSF: Peso Seco del Fruto agrícola (g); PF: Potencial Fotosintético}$$

3.3.3. Peso de 1000 aquenios y rendimiento agrícola

Se utilizó una balanza analítica para pesar 1000 aquenios y se expresó en gramos (g). Se calculó el rendimiento agrícola a partir del rendimiento promedio de cada parcela experimental según tratamiento y se estimó para 1 ha, expresándose en t ha^{-1} .

3.4. Efecto del FitoMas-E sobre indicadores de poscosecha

Para la determinación de los indicadores de calidad poscosecha de la semilla se utilizaron cuatro repeticiones de 100 semillas (aquenios) para cada tratamiento.

3.4.1. Dimensiones ortogonales y esfericidad de las semillas

Se determinaron las dimensiones ortogonales longitud (L), ancho (W), espesor (T). Para estas mediciones se colocaron las semillas sobre papel milimetrado. Se tomaron imágenes de extensión *.jpg* con el empleo de una cámara digital y se utilizó el *software ImageJ.v1.50* para su procesamiento.

A partir de ellas, se calculó el diámetro medio aritmético (D_a), utilizando la siguiente ecuación:

$$Da = \frac{(L + W + T)}{3}$$

La esfericidad es un criterio definido para determinar la forma de un material biológico. Con las dimensiones ortogonales anteriormente determinadas y al mismo tamaño muestral, se determinó primeramente el diámetro medio geométrico (Dg):

$$Dg = (L + W + T)^{1/3}$$

El cuál se empleó en la siguiente ecuación para el cálculo de la esfericidad (Φ)

$$\Phi = \frac{Dg}{L}$$

Donde:
 Φ : esfericidad (adimensional)
 Dg : diámetro geométrico (mm)
 L : longitud (mm)

3.4.2. Poder germinativo (% PG)

Es el porcentaje de semillas que germinó y desarrolla una plántula normal cuando se coloca en condiciones ambientales óptimas para su crecimiento.

3.5. Efectividad económica según dosis de FitoMas-E aplicadas

Se realizó una evaluación económica a partir de los datos de gastos materiales y mano de obra, mediante un estimado económico del proceso de producción y el rendimiento agrícola en base a:

1. Costo de producción (Cp): gastos incurridos durante el proceso productivo.
2. Valor de la producción (Vp): beneficios que se obtienen de la comercialización del producto.
3. Efectividad Económica (E): diferencia entre el valor de la producción y costo de producción variante nueva con el valor de la producción y del costo variante base.
 Se determinó mediante la fórmula: $E = Vp - Cp$.

Se detallaron los recursos necesarios para el montaje y evaluación del experimento de campo, especificando las cantidades necesarias y el costo de cada uno (Tabla 4).

Tabla 3. Costo unitario de los recursos materiales utilizados

Recursos	Unidad	Costo por unidad (\$)
Semillas	kg	4.50
FitoMas-E	L	2.50

3.6. Procesamiento estadístico

Para el procesamiento estadístico de los resultados, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA). Se aplicó la prueba de Tukey HSD para las comparaciones de medias, empleándose el paquete estadístico *STATGRAPHICS CENTURION XV-II del 2006*.

Resultados y discusión

4. Resultados y discusión

4.1. Efecto del FitoMas-E sobre la duración de fases fenológicas

La emergencia del cultivo (VE) ocurrió a los 5 días de la siembra. Se observó que la aplicación de FitoMas-E a los 30 días después de VE, influyó en la transición de las fases vegetativas (V6) a las fases reproductivas. En las plantas del tratamiento Control se acortaron los días para alcanzar la madurez fisiológica (R9) con relación a los otros tratamientos. Se observó un coeficiente de variabilidad de 0 a 8.59 % entre los tratamientos, el mayor de estos valores correspondió a la fase de floración completa (R6). Estos cambios fisiológicos y morfológicos en las plantas en cada una de las fases fenológicas evaluadas, incluyen procesos determinados genéticamente y que son influenciados por el ambiente (Tabla 4).

Tabla 4. Efecto del FitoMas-E sobre la duración de fases fenológicas vegetativas y reproductivas

Tratamientos	VE	V6	R1	R2	R5.1	R5.5	R6	R7	R9
	Días								
Control	5	40	56	59	65	72	83	98	110
FM-E (2 L ha ⁻¹)	5	42	59	62	67	76	88	102	117
FM-E (2.5 L ha ⁻¹)	5	44	61	67	74	85	98	113	127
FM-E (3 L ha ⁻¹)	5	46	64	69	75	86	99	115	128
D.E	0	2.58	3.37	4.57	4.99	6.85	7.79	8.29	8.58
CV (%)	0	6	5.61	7.12	7.11	8.59	8.47	7.74	7.12

Cuando inicia la fase reproductiva (R1) la luz deja de tener influencia sobre la planta como factor fotoperiódico y empieza a tener importancia su intensidad y calidad, como factor determinante de rendimiento. A partir de esta fase se comprobó que se mantuvo el incremento del número de días observado en V6 en la misma medida en que aumentaron las dosis de 2_L ha⁻¹ a 3 L ha⁻¹. Al arribar a R5.1 se diferenciaron las flores y se definió el número potencial de aquenios del capítulo. Las condiciones de temperatura del periodo poco lluvioso en que se desarrolló el experimento,

contribuyeron al aumento de la tasa de diferenciación floral, y a que se acortara el tiempo durante el que tuvo lugar este proceso. Entre R6 y R9 se promueve la acumulación de carbohidratos, ácidos grasos y proteínas en los achenios, lo cual define el peso de los mismos y su porcentaje de aceite.

Hammer *et al.* (1982) propusieron modelos de fenología que relacionan la tasa de desarrollo con el fotoperíodo, y la adaptación de cultivares de girasol.

4.2. Efecto del FitoMas-E sobre índices de crecimiento

4.2.1. Altura de la planta

La altura de la planta por la relación con la cobertura del suelo y la habilidad para interceptar energía y competir con las arvenses, es una característica de interés agronómico. En la fase V6 no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, a partir de la fase R1, no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos de 2.5 L ha⁻¹ y 3 L ha⁻¹, pero sí con relación a las plantas del Control y a las del tratamiento de 2 L ha⁻¹ (Figura 1).

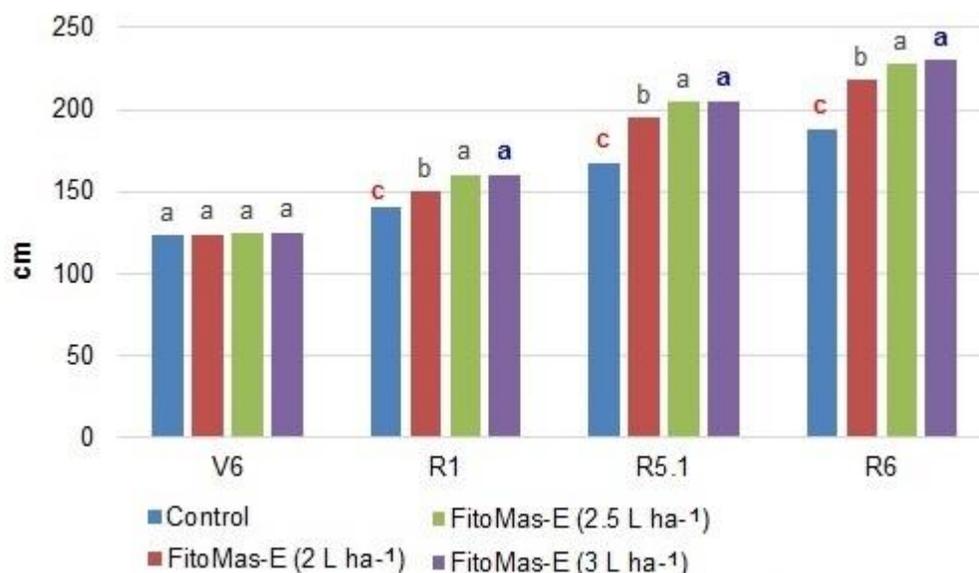


Figura 1. Efecto del FitoMas-E sobre la altura de las plantas de girasol cv. CIAP JE-94

* (a,b,c) Medias con letras no comunes en igual fase fenológica difieren significativamente para $p < 0.05$, según la prueba de Tukey HSD (1977).

En todos los tratamientos, a medida que se incrementaron las dosis de FitoMas-E las respuestas fueron mayores, alcanzándose la máxima altura en R6. La diferencia de altura de las plantas del Control con relación a las que se les aplicaron dosis de 2; 2.5 y 3 L ha⁻¹ de FitoMas-E, estuvo en el rango de 9 – 18.5 cm; 27.8 – 37.6 cm y 29.7 – 41.7 cm en las fases R1, R5.1 y R6 respectivamente.

Estos resultados se corresponden con Sarwar *et al.* (2013), que refieren que estas diferencias se deben a la variabilidad de la dosis del promotor de crecimiento en combinación con las características genéticas del cultivar de girasol. A su vez, Bakht *et al.* (2006) observó diferencias significativas en la altura de las plantas de varios híbridos de girasol cuando empleó diferentes dosis de un promotor.

4.2.2. Número de hojas y diámetro del tallo

En cada una de las evaluaciones el menor número de hojas correspondió a las plantas del Control, mientras que los máximos valores en este índice de crecimiento correspondieron a las plantas que estaban bajo el tratamiento de FitoMas-E a razón de 3 L ha⁻¹. En las evaluaciones realizadas en R1 y R5.1 las plantas bajo las dosis de 2 y 2.5 L ha⁻¹ de FitoMas-E, no mostraron diferencias estadísticas significativas entre ellas, pero sí en la fase fenológica R6. En el diámetro del tallo, en la fase fenológica R1 se observó una respuesta agronómica igual a la observada en el número de hojas, sin embargo a partir de R5.1 las plantas con la aplicación de 2.5 L ha⁻¹, comenzaron a mostrar semejanzas con las del tratamiento de 3 L ha⁻¹. Con relación al aspecto morfológico el tallo no varió en cuanto a la forma cilíndrica, rugosa y vellosa en ninguno de los tratamientos; a su vez el diámetro se mantuvo en el rango de 2 a 6 cm, que de forma general ha sido reportado para este cultivo (Tabla 5).

Tabla 5. Efecto del FitoMas-E sobre el número de hojas y el diámetro del tallo

Tratamiento	NH			DT (cm)		
	R1	R5.1	R6	R1	R5.1	R6
Control	18 c	23 c	27 c	2.94 c	3.40 c	4.20 c
FitoMas-E (2 L ha ⁻¹)	19 b	24 b	28 b	3.02 b	3.47 b	4.28 b
FitoMas-E (2.5 L ha ⁻¹)	19 b	24 b	29 a	3.02 b	3.53 ab	5.11 a
FitoMas-E (3 L ha ⁻¹)	20 a	25 a	29 a	3.06 a	3.58 a	5.14 a
E.E (x̄)±	0.10	0.18	0.34	0.01	0.02	0.02

* (a,b,c) Medias con letras no comunes en la misma columna difieren significativamente para $p < 0.05$, según la prueba de Tukey HSD (1977).

Leyenda- NH- número de hojas activas; DT- diámetro del tallo.

En general, es importante significar que aunque se observaron ciertas diferencias desde el punto de vista estadístico, desde el punto de vista agronómico no son tan notables. En todos los tratamientos el ritmo de emisión foliar fue mayor entre R1 y R5.1, mientras que el incremento en el diámetro del tallo fue superior entre R5.1 y R6.

Investigadores como Monsote *et al.* (2003) reportaron que el número de hojas de este cultivo no sobrepasan de 40, lo cual está dado en función de las condiciones en que se desarrolla el cultivo y las características propias del cultivar. A su vez, Ramos y Martínez (2007) refieren que el efecto del FitoMas-E contribuye al incremento del número, ancho y longitud de las hojas activas producidas por el cultivo, lo que pronostica una mayor actividad fotosintética y por tanto una mayor síntesis de sustancias y materia seca, lo que influye positivamente en los componentes del rendimiento agrícola. Con relación al diámetro del tallo estos resultados se corresponden con los obtenidos por López y Vera (2003), Ramos y Martínez (2007), Martínez-Plácido *et al.* (2013), que obtuvieron incrementos significativos en las variables de crecimiento evaluadas con relación al tratamiento Control. Los resultados en general demuestran el efecto positivo del FitoMas-E en el crecimiento de la planta, lo cual coincide con lo referido por Montano *et al.* (2007) y Montano (2008) respecto a

que este producto activa o estimula las funciones fisiológicas de la planta, y que su aplicación permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes.

4.2.3. Área foliar, índice de área foliar y potencial fotosintético

En la figura 2 se observa que con relación al área foliar, entre los tratamientos no hubo diferencias estadísticas significativas en la evaluación realizada en la fase fenológica V6. En todos los tratamientos los máximos valores de área foliar se mostraron en la fase R6. Entre el momento inicial (V6) y el momento final (R6) de evaluación, el incremento promedio en este índice fue mayor en las plantas con aplicación de FitoMas-E a razón de 3 L ha⁻¹ con 4 415.80 cm², seguido del tratamiento de FitoMas-E a razón de 2.5 L ha⁻¹ con 4 415.44 cm², mientras que en las plantas del tratamiento Control fue de 4 412.73 cm². Estas diferencias en el incremento no fueron notables ni desde el punto de vista estadístico, ni práctico.

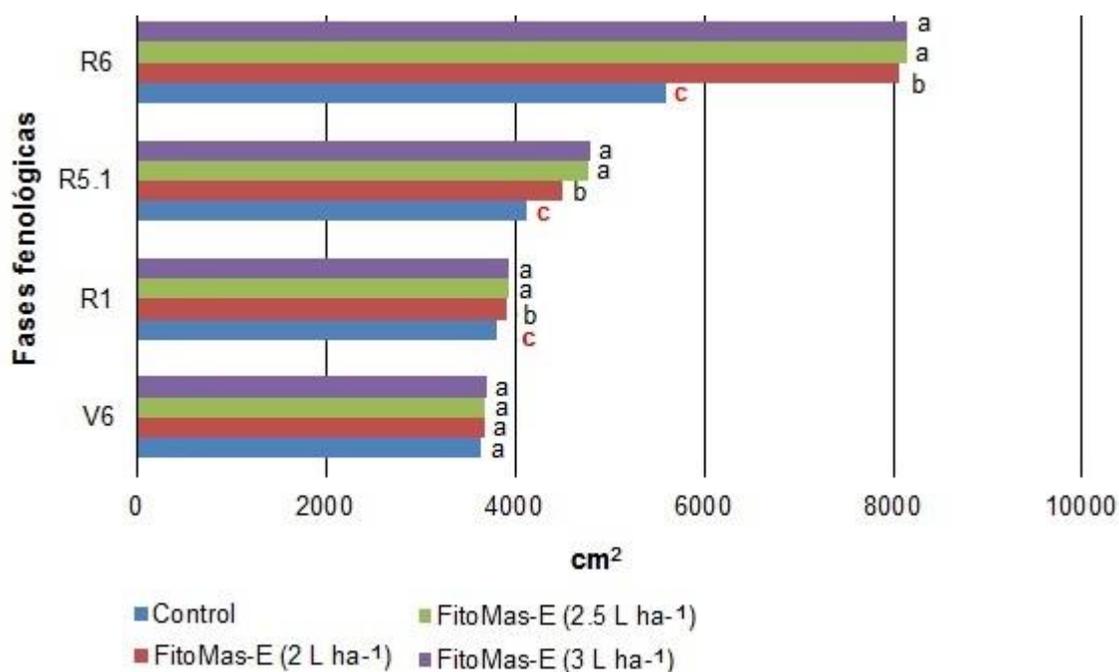


Figura 2. Efecto del FitoMas-E sobre el área foliar del girasol cv. CIAP JE-94

*(a,b,c) Medias con letras no comunes en igual fase fenológica difieren significativamente para $p < 0.05$, según la prueba de Tukey HSD (1977).

En coincidencia con Farrell y Rivas (2010) en el cultivo de girasol, el área foliar depende del número de hojas y del área que alcance cada una de ellas. En la etapa de emergencia – iniciación floral la expansión foliar del cultivo es relativamente pequeña, pero el número de hojas puede ser modificado por factores del ambiente. Por su parte el crecimiento del 95 % del IAF en girasol ocurre desde el periodo que se extiende desde el estado fenológico de iniciación floral hasta la floración. Las condiciones ambientales imperantes en esta etapa determinan que se manifieste o no la capacidad potencial de producción del área foliar que quedó fijada en la etapa anterior,

Rincón-Carruyo *et al.* (1997) reportan las importantes implicaciones que tiene la cantidad de área foliar que posee una planta para su crecimiento y producción de materia seca, así como para su persistencia, ya que determina una mayor o menor captación de energía lumínica durante el proceso de crecimiento.

Se observó que con respecto al índice de área foliar (IAF), los menores valores correspondieron a las plantas del tratamiento Control y que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con aplicación de FitoMas-E. Entre el momento inicial y final de evaluación, o sea, V6 y R6 respectivamente, el incremento promedio en el IAF fue similar en cada uno de los tratamientos con valores de 1.72 para las plantas del Control y de 1.64 para las dosis de 2; 2.5 y 3 t ha⁻¹ de FitoMas-E (Tabla 6).

Tabla 6. Efecto del FitoMas-E sobre el índice de área foliar

Tratamiento	IAF			
	V6	R1	R5.1	R6
Control	1.35 b	1.41 b	1.53 b	2.07 b
FitoMas-E (2 L ha ⁻¹)	1.36 a	1.45 a	1.76 a	3.00 a
FitoMas-E (2.5 L ha ⁻¹)	1.37 a	1.46 a	1.77 a	3.01 a
FitoMas-E (3 L ha ⁻¹)	1.37 a	1.46 a	1.77 a	3.01 a
E.E (x̄)±	0.01	0.01	0.02	0.02

* **Medias con letras no comunes en la misma columna difieren significativamente para p < 0.05, según la prueba de Tukey HSD (1977).**

Leyenda- IAF- índice de área foliar; PF- potencial fotosintético.

La intercepción de luz por un cultivo depende de su IAF y en correspondencia con Farrell y Rivas (2010), el crecimiento del 95 % del IAF en girasol ocurre desde el periodo que se extiende desde el estado fenológico de iniciación floral hasta la floración. A su vez, Carnicer *et al.* (2008) coinciden en que el aumento de la capacidad de intercepción del cultivo posibilita una captación más eficiente de la radiación en el período vegetativo y una mayor eficiencia de conversión en materia seca. La situación más ventajosa será la presencia de un IAF máximo cuando las condiciones climáticas sean más favorables para la fotosíntesis, en particular cuando se alcancen valores elevados de radiación solar. Los resultados también se corresponden con lo referido por Rincón y Silva (1992) y Morales-Morales *et al.* (2015), consideran que los cultivos anuales inician la acumulación de área foliar a partir de la emergencia, en la cual la intercepción de la radiación es casi 0, pero el IAF se incrementa y eventualmente intercepta la mayoría de la radiación foliar.

En la figura 3 se muestra que con respecto al potencial fotosintético, los menores valores se observaron en las plantas del tratamiento Control y que no hubo diferencias estadísticas significativas entre las plantas de los tratamientos con aplicación de FitoMas-E, en todos los casos con valores superiores a 35 050 cm² por día. Los máximos valores de área foliar se obtuvieron en el tratamiento de FitoMas-E a razón de 2.5 L ha⁻¹. La respuesta obtenida en este índice de crecimiento está en correspondencia con la mayor o menor superficie foliar que presentaron las plantas en los distintos tratamientos y momentos de evaluación. En coincidencia con los criterios de Gómez (1988), el cultivo de girasol se caracteriza por un potencial fotosintético muy elevado, sobre todo en las hojas jóvenes.



Figura 3. Efecto del FitoMas-E sobre el potencial fotosintético del girasol cv. CIAP JE-94

***(a,b,c) Medias con letras no comunes difieren significativamente para $p < 0.05$, según la prueba de Tukey HSD (1977).**

Leyenda- FM- FitoMas-E

De acuerdo con Hernández y Orioli (1994), por sus características anatómicas y metabólicas el girasol es una especie de tipo C3 y su tasa fotosintética de 55 a 60 mg CO₂ dm⁻² h⁻¹ es menor que en las plantas C4. Como la temperatura óptima de fotosíntesis se extiende desde los 25 °C hasta los 40 °C y la intensidad de saturación luminosa es muy alta, el girasol es muy eficiente tanto en condiciones de baja como de alta radiación y temperatura. A su vez Karadogan *et al.* (2009) refieren que dado que la productividad del cultivo depende de la eficiencia de sus procesos fotosintéticos, por lo que en la medida de su superficie fotosintética, el crecimiento y el desarrollo de las hojas tienen un profundo impacto en el rendimiento agrícola.

4.2.4. Producción de materia seca

En la tabla 7 se observa que en la producción de materia seca en los diferentes órganos se evidenciaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. Se obtuvo un patrón de respuesta similar en raíces, tallo y hojas en relación a que los máximos valores correspondieron a las plantas bajo el tratamiento de 3 L ha⁻¹, mientras que los menores valores se obtuvieron en las plantas del tratamiento Control. Entre las fases V6 – R1 y R1 – R6, en la medida en que aumentan las dosis de FitoMas-E aplicadas, la materia seca producida por el cultivo respectivamente se incrementa en las raíces en 7% y 24% (Control), 15% y 32% (2 L ha⁻¹), 17% y 33% (2.5 L ha⁻¹), 18% y 34% (3 L ha⁻¹). En el tallo este incremento a diferencia de lo observado en raíces fue mayor entre V6 y R1, que entre R1 y R6, con valores de 32% y 26% (Control), 33% y 27% (2 L ha⁻¹, 2.5 L ha⁻¹, 3 L ha⁻¹), mientras que en hojas fue de 36% y 23% (Control), 38% y 26% (2 L ha⁻¹, 2.5 L ha⁻¹, 3 L ha⁻¹).

Tabla 7. Efecto del FitoMas-E sobre la producción de materia seca en los diferentes órganos de la planta

Tratamientos	Raíces			Tallo			Hojas		
	g								
	V6	R1	R6	V6	R1	R6	V6	R1	R6
Control	18.2ab	19.5c	25.5c	23.6c	34.5c	46.5c	19.4c	30.5c	39.5c
FitoMas (2 L ha ⁻¹)	18.6ab	22.8b	33.4b	25.4b	38b	52.3b	20.7bc	33.2b	44.8b
FitoMas (2.5 L ha ⁻¹)	19.3a	23.2ab	34.6ab	27.6a	41a	56 a	21.8b	35ab	47.5ab
FitoMas (3 L ha ⁻¹)	19.7a	24a	36.5a	27.8a	41.5a	56.6a	23a	37a	50a
E.E (x̄)±	1.03	1.12	1.25	1.08	0.43	1.54	2.03	1.83	1.46

* Medias con letras no comunes en la misma columna difieren significativamente para p < 0.05, según la prueba de Tukey HSD (1977).

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Vega (1999), con respecto a que la mayor asignación de materia seca ocurre en el tallo, seguido del receptáculo, semilla y hojas lo cual se relaciona con una mayor área foliar. Por otra parte, Connor y Sadras (1992) sugieren que la magnitud de la distribución de materia seca dependerá del genotipo y de los factores ambientales. De igual forma Escalante *et al.* (2015b) coinciden en que en un cultivo agrícola, la producción de materia seca está determinada por la radiación interceptada, la eficiencia del uso de la radiación y el área foliar o maquinaria fotosintética.

4.3. Efecto del FitoMas-E sobre indicadores de rendimiento

4.3.1. Componentes del rendimiento agrícola

Como en cualquier otro cultivo de grano, el rendimiento agrícola final del girasol se puede descomponer en varios componentes, los cuales se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Efecto del FitoMas-E sobre los componentes del rendimiento agrícola

Tratamiento	DC	DZI	NAC	PAC (g)
	(cm)			
Control	18.01 c	4.82 b	1 589 b	57.25 b
FitoMas-E (2 L ha ⁻¹)	20.02 b	4.85 b	1 676 a	65.45 a
FitoMas-E (2.5 L ha ⁻¹)	21.05 b	4.90 a	1 685 a	66.55 a
FitoMas-E (3 L ha ⁻¹)	21.25 a	4.92 a	1 696 a	67.25 a
E.E (x̄)±	0.85	0.10	22.35	1.25

***(a,b,c) Medias con letras no comunes en la misma columna difieren significativamente para p < 0.05, según la prueba de Tukey HSD**

Leyenda- DC- diámetro del capítulo; DZI – diámetro de la zona improductiva;
 NAC- número de achenios por capítulo; PAC- peso de achenios por capítulo.

En la tabla anterior se observa que el valor máximo del diámetro del capítulo se observó en el tratamiento con FitoMas-E a razón de 3 L ha⁻¹ con un valor de 21.25_cm, el cual mostró diferencias estadísticas significativas con los demás tratamientos. En el diámetro de la zona improductiva, igualmente el mayor valor correspondió a las plantas

bajo el tratamiento con FitoMas-E a razón de 3 L ha⁻¹ con 4.92 cm, no obstante no hubo diferencias significativas entre este tratamiento y el de 2.5 L ha⁻¹. En el número de achenios por capítulo y en el peso de achenios por capítulo, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con aplicación de FitoMas-E, por lo que los resultados obtenidos en estos componentes del rendimiento agrícola indicaron que estas dosis de FitoMas-E no influyeron en los mismos pero sí con relación a las plantas del tratamiento Control, que en todos los casos mostraron los menores valores.

Recalde (2007) reporta valores de 19.20 y 19.10 cm de capítulo de girasol, mientras que Holguín (2010) obtuvo promedios de 19.50 cm y Ávila *et al.* (2007) de 19.10 cm.

4.3.2. Rendimiento económico e índice de productividad foliar

El rendimiento económico (RE) se corresponde con los valores del peso seco de achenios, dado que los mismos constituyen el fruto agrícola y por tanto es en estos donde se encuentra su valor desde el punto de vista económico (Figura 4).

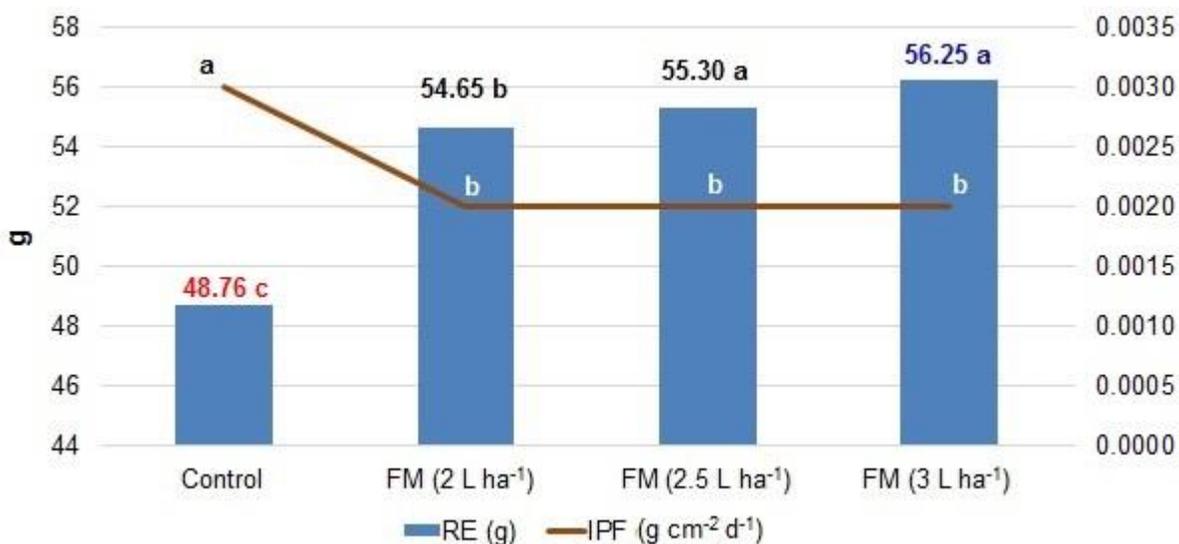


Figura 4. Efecto del FitoMas-E sobre el rendimiento económico e índice de productividad foliar

*(a,b,c) Medias con letras no comunes difieren significativamente para p < 0.05, según la prueba de Tukey HSD (1977)

Leyenda- RE- rendimiento económico; IPF- índice de productividad foliar; FM- FitoMas-E

Los resultados obtenidos en el RE no mostraron diferencias estadísticas entre los tratamientos en que se aplicaron dosis de 2.5 y 3 L ha⁻¹ de FitoMas-E, los que difieren del tratamiento de 2 L ha⁻¹ y del Control, los cuales a su vez mostraron diferencias entre sí. Al respecto, en la etapa de cosecha, la acumulación de materia seca está concentrada principalmente en los aquenios, cuyo peso por planta indica la producción individual que se obtiene en cada cultivar. En cuanto al índice de productividad foliar (IPF) no se observaron diferencias estadísticas entre las plantas de los tratamientos bajo la aplicación de FitoMas-E, pero sí con relación a las del Control que mostró los máximos valores.

Estos resultados evidencian que el FitoMas-E actúa positivamente en cualquier dosis, lo cual coincide con lo reportado por López y Vera (2003) y Arozarena (2005), cuando investigaron los efectos de la aplicación de este producto a diferentes cultivos.

En general los resultados obtenidos en el rendimiento agrícola y sus componentes, coinciden con los reportados en investigaciones realizadas en otros cultivos, donde también se han aplicado diferentes dosis de FitoMas-E. En este sentido López *et al.* (2003) comprobaron que con la aplicación de FitoMas-E se mejoraron las condiciones del suelo, lo que permitió la obtención de rendimientos aceptables en el cultivo y una mejoría considerable en la calidad de la cosecha. Por otra parte Shagarodsky (2006), obtuvo que en los tratamientos donde se aplicó FitoMas-E, se incrementó el número promedio de algunos componentes del rendimiento agrícola, aunque no observó diferencias significativas entre otras de las variables estudiadas.

Estos resultados le indicaron la posibilidad de una complementación entre la inducción a un mayor número de dichos componentes del rendimiento por parte de la aplicación de FitoMas-E y la complementación de nutrientes. De igual forma cuando García (2007) estudió los efectos del FitoMas-E en condiciones de producción, comprobó que este bionutriente estimula la aparición en la planta de las estructuras más favorables para la absorción de nutrientes y el traslado del carbono hacia la parte cosechable de la misma.

4.3.3. Peso de 1000 aquenios y rendimiento agrícola

En la figura 5 se observa que los resultados obtenidos con el producto FitoMas-E en la dosis de 3 L ha⁻¹ no presentó diferencias significativas con los demás tratamientos bajo la aplicación de este producto, en cuanto al peso de 1 000 aquenios y el rendimiento agrícola, pero ambos indicadores hubo diferencias con respecto a las plantas del tratamiento Control (Figura 5).

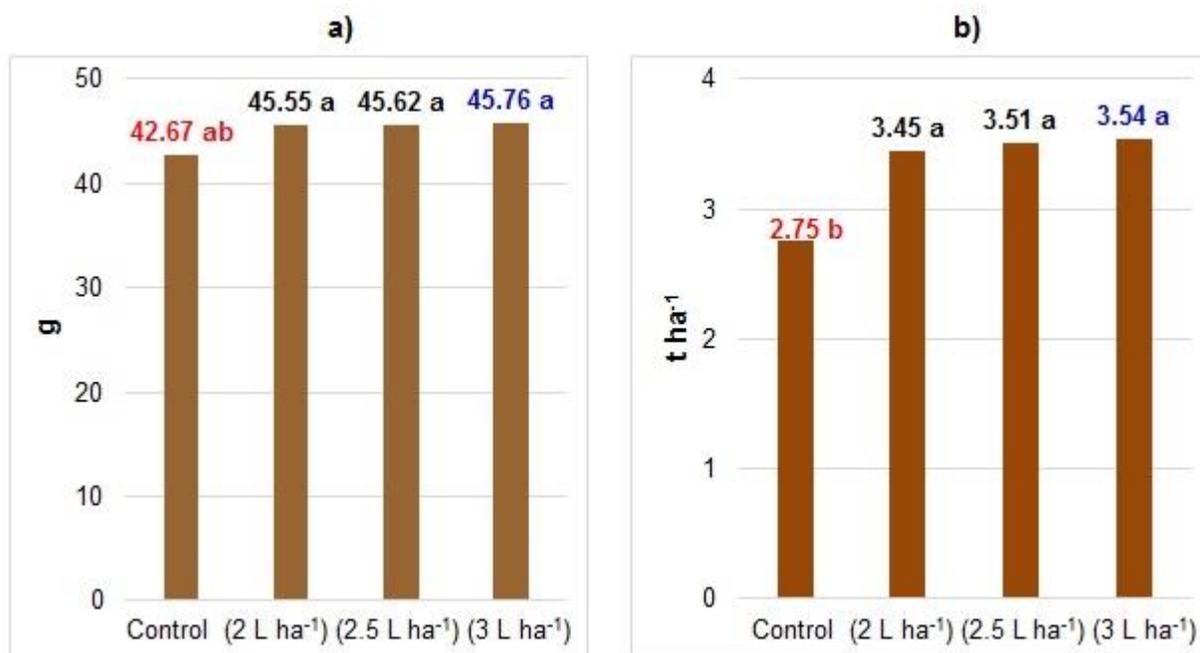


Figura 5. Efecto del FitoMas-E sobre el peso de 1000 aquenios (a) y el rendimiento agrícola (b) del girasol cv. CIAP JE-94

*(a,b,c) Medias con letras no comunes difieren significativamente para $p < 0.05$, según la prueba de Tukey HSD

Estos resultados concuerdan con los reportados por Yasin y Singh (2010); Gaggioli *et al.* (2015); Montiel *et al.* (2017), al efectuar un análisis de correlación, observaron que los índices de crecimiento como el IAF, la producción de biomasa, así como los componentes de rendimiento agrícola tuvieron un efecto positivo sobre el rendimiento de aquenios por planta, determinando que estas características son los principales componentes de rendimiento de esta oleaginosa.

4.4. Efecto del FitoMas-E sobre indicadores de poscosecha

El uso de semillas de mala calidad ocasiona cuantiosas pérdidas económicas, especialmente en ambientes en los que el periodo de implantación ocurre bajo condiciones de estrés. El cuidado y análisis de la calidad poscosecha de semillas mejoran la probabilidad de obtener una emergencia rápida y uniforme y contribuye a minimizar dichas pérdidas (Szemruch *et al.*, 2017).

4.4.1. Dimensiones ortogonales y esfericidad de las semillas

Según el análisis de varianza las medidas de longitud, ancho, espesor y diámetro medio aritmético, registraron los máximos valores en las plantas de girasol bajo el tratamiento de 3 L ha⁻¹, que presentó diferencias estadísticas significativas con relación a los demás tratamientos. Se observó que la longitud aumentó significativamente de 8.6 a 8.9 mm cuando se incrementó la dosis de FitoMas-E, con diferencias estadísticas entre todos los tratamientos. En cuanto al ancho y espesor de la semilla no se encontraron diferencias entre los tratamientos de 2 y 2.5 L ha⁻¹ del bioestimulante. Comparando las medias de la esfericidad, se obtuvo que entre las semillas de los tratamientos evaluados no se presentaron diferencias significativas (Tabla 9).

Tabla 9. Efecto del FitoMas-E sobre indicadores de calidad física de las semillas en poscosecha

Tratamiento	L	W	T	Da	Φ
	mm				
Control	8.6 bc	4.5 b	2.3 ab	5.1 b	0.3
FitoMas-E (2 L ha ⁻¹)	8.7 b	4.6 ab	2.4 a	5.2 ab	0.3
FitoMas-E (2.5 L ha ⁻¹)	8.8 ab	4.6 ab	2.4 a	5.3 a	0.3
FitoMas-E (3 L ha ⁻¹)	8.9 a	4.7 a	2.4 a	5.3 a	0.3
E.E (x̄)±	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0

*(a,b,c) Medias con letras no comunes en la misma columna difieren significativamente para p < 0.05, según la prueba de Tukey HSD (1977)

Leyenda- L: longitud; W- ancho; T- espesor; Da- diámetro medio aritmético; Φ- esfericidad

Con relación a estos resultados, Baumer *et al.* (2006) reportaron que en semillas de girasol no encontraron cambios de la longitud, ancho y espesor cuando la humedad se incrementa en un rango de 3.7 a 15.6 %. El diámetro medio aritmético (Da) y el diámetro medio geométrico (Dg) se incrementaron en promedio de un 5.8 % y 5.9 %, respectivamente, en el rango de 10% al 22% de humedad.

4.4.2. Porcentaje de germinación

Los resultados del efecto del FitoMas-E sobre el porcentaje de germinación se muestran en la figura 6. Entre los tratamientos hubo diferencias estadísticas significativas y los máximos valores de área foliar se observaron en las plantas con aplicación de FitoMas-E a razón de 3 L ha⁻¹ con 94.19% de germinación, mientras que en las plantas del tratamiento Control se observaron los menores valores con 92.43%.

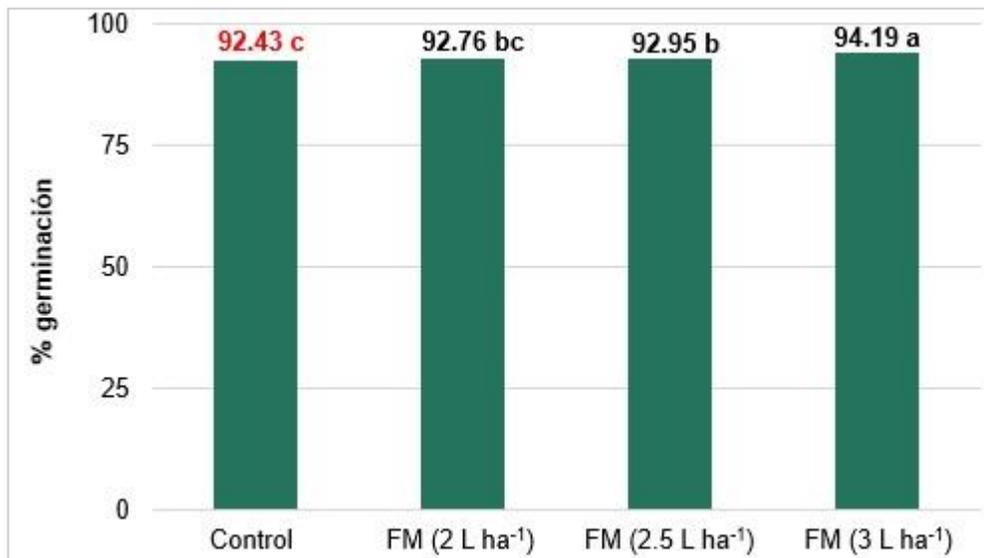


Figura 6. Efecto del FitoMas-E sobre el porcentaje de germinación de las semillas de girasol cv. CIAP JE-94

* (a,b,c) Medias con letras no comunes difieren significativamente para $p < 0.05$, según la prueba de Tukey HSD (1977).

Leyenda- FM- FitoMas-E

Estos resultados muestran una asociación significativa entre el incremento de las dosis de FitoMas-E y el poder germinativo de las semillas de girasol en condiciones experimentales, medido a través del porcentaje de germinación. No obstante, validar la

utilidad del test de poder germinativo en semillas de girasol provenientes de plantas con un rango variable de dosis FitoMas-E es un desafío que requiere ser abordados con mayor profundidad en el futuro, con vista a contribuir a perfeccionar la toma de decisiones con respecto a la siembra de este cultivo (Figura 6).

Estos resultados no coinciden con lo reportado por Pereyra *et al.* (2001), acerca de que el análisis de poder germinativo de la semilla, que es el estudio más simple y rápido a que puede someterse una semilla, debe dar un porcentaje de plantas normales superior al 95% si la semilla es de buena calidad. No obstante, estos autores afirman que este análisis no es suficiente para precisar si la semilla generará una planta vigorosa en correspondencia con las condiciones del suelo.

4.5. Efectividad económica según dosis de FitoMas-E aplicadas

A partir de los costos unitarios se obtuvo un costo total de \$135.39, en función de las actividades y recursos materiales empleados en el área experimental (288 m²) (Tabla 10).

Tabla 10. Análisis del costo total en función de las actividades y recursos materiales utilizados

No.	Labor agrícola	Recursos materiales			Recursos humanos	Total de horas	Costo* total (\$)	
		Semillas (kg)	Bionutriente (L)					
			2 L ha ⁻¹	2.5 L ha ⁻¹				3 L ha ⁻¹
1	Rotura	-	-	-	-	1	12	16.08
2	Cruce	-	-	-	-	1	12	16.08
3	Surcado	-	-	-	-	1	8	10.72
4	Partidura	-	-	-	-	1	8	10.72
5	Siembra	2.10	-	-	-	2	4	15.97
6	Aplicación FMas-E (1)	-	0.08	0.10	0.12	1	4	6.11
7	Deshierbe 1	-	-	-	-	4	4	21.44
8	Aplicación FMas-E (2)	-	0.08	0.10	0.12	1	4	6.11
9	Cosecha	-	-	-	-	3	8	32.16
Total		2.10	0.16	0.2	0.24	0.6	64	135.39

Leyenda: FMas-E- FitoMas-E

* En el cálculo del costo total se consideró- el salario por hora que percibe el obrero (1.34 \$); la jornada laboral de 4 horas; precio de venta de 1 kg de semilla de girasol; y de 1 L de FitoMas-E.

Todas las labores de preparación de suelo se realizaron mediante el empleo de la tracción animal. Esto permitió que las inversiones realizadas fueran mínimas, sin necesidad de gasto de combustible, de esta forma no hubo inversiones adicionales, ni consumo de productos agroquímicos, lo que influyó directamente en la disminución del potencial impacto ambiental negativo inherente a estas prácticas agrícolas.

En los costos de producción no se observaron diferencias muy significativas entre los tratamientos, lo cual estuvo dado por el costo del producto, la dosis utilizada y por la mano de obra empleada para la aplicación de este bionutriente. La diferencia de las dosis de 2 L ha⁻¹, 2.5 L ha⁻¹ y 3 L ha⁻¹ con relación al Control fue de \$3.26; \$4.08 y \$4.88 respectivamente. En los valores de producción calculados a partir de los rendimientos obtenidos se observó un incremento de \$102.38 en la dosis de 3 L ha⁻¹ con relación al Control y de \$11.66 y \$3.88 con los otros tratamientos de 2 L ha⁻¹ y 2.5 L ha⁻¹, respectivamente. La efectividad económica obtenida fue mayor en el tratamiento de 3 L ha⁻¹, con una diferencia de \$97.50 con el Control y de \$10.04 y \$3.08 con los tratamientos de 2 L ha⁻¹ y 2.5 L ha⁻¹, respectivamente (Tabla 11).

Tabla 11. Indicadores económicos calculados según cada tratamiento

Tratamientos	Costo de producción	Valor de producción	Efectividad económica
		\$	
Control	123.17	356.40	233.23
FitoMas-E (2 L ha ⁻¹)	126.43	447.12	320.69
FitoMas-E (2.5 L ha ⁻¹)	127.25	454.90	327.65
FitoMas-E (3 L ha ⁻¹)	128.05	458.78	330.73

Conclusiones

5. Conclusiones

1. La aplicación de FitoMas-E influyó en la transición de las fases vegetativas a las etapas reproductivas evaluadas, con una mayor duración del ciclo para los tratamientos de 2.5 y 3 L ha⁻¹ de FitoMas-E.
2. Los valores máximos en los índices de crecimiento, indicadores de rendimiento y de calidad poscosecha, correspondieron al tratamiento de 3 L ha⁻¹, con diferencias estadísticas significativas en relación a los demás.
3. El cultivar de girasol CIAP JE-94 bajo la aplicación de la dosis de 3 L ha⁻¹ de FitoMas-E, alcanzó un rendimiento agrícola de 3.54 t ha⁻¹, el cual fue superior en 22.32 % al obtenido en las plantas del tratamiento Control.
4. La mayor efectividad económica se obtuvo con la aplicación de FitoMas-E a razón de 3 L ha⁻¹ con un valor de \$330.73, que fue superior en \$97.50, \$10.04 y \$3.08 a los tratamientos Control, 2 L ha⁻¹ y 2.5 L ha⁻¹ respectivamente.

Recomendaciones

6. Recomendaciones

1. Incorporar como práctica sistemática en el manejo agrotécnico del cultivo de girasol la aplicación de dosis de FitoMas-E a razón de 2 a 3 L ha⁻¹.
2. Determinar si la aplicación de las dosis de FitoMas-E analizadas en esta investigación, influye sobre el rendimiento de aceite del cultivo de girasol.

Referencias bibliográficas

7. Referencias bibliográficas

Aguilar Carrera, D., 2013. Respuesta agronómica de dos densidades de siembra en el cultivo de girasol (*Helianthus Annus*), mediante la aplicación de dos dosis de fertilización química, en la parroquia de Yaruquí, provincia de Pichincha (Bachelor's thesis, Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agronómica).

Akhtouch, B., Molinero-Ruiz, L., Dominguez, J., Melero-Vara, J. M., y Fernández-Martínez, J. M., 2013. Using sowing date modification and genetic resistance to manage sunflower broomrape (*Orobanche cumana Wallr.*). *Helia*, 36(59), pp.17-34.

Alemán, R., 2003. El cultivo del girasol (*Helianthus annuus L.*) en el marco de una agricultura sostenible. *Revista Centro Agrícola*, 30 (1), pp. 90- 92.

Alemán, R., Quintero, F., E., 2002. Estudios de cultivos antecedentes al girasol (*Helianthus annuus L.*). *Revista Centro Agrícola*, 29 (1), pp. 85-86.

Aleman-Perez, R., Martin-Fagundo, D., Hernandez, C. A., y Martinez-Fuentes, E., 2016. Estudio de densidades de poblacion para el cultivo del girasol en suelos pardos. *Respuestas*, 4(1), pp. 15-17.

Alezones, B., Casanova, A., y Laurentin, H., 2014. Caracterización morfológica y molecular de poblaciones segregantes de girasol provenientes de híbridos comerciales. *Agronomía Tropical*, 64(1-2), pp. 83-95.

Almenares, R., 2007. Efecto del FitoMas E en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa L.*). Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria de La Habana.

Arozarena, N., 2005. Influencia del FitoMas en el Cultivo del Tomate bajo condiciones de Cultivo Protegido. --La Habana: INIFAT.

Avidan, A., 2002. Determinación del régimen de riego de los cultivos. S/E. Israel. Editorial Cinadco.

Avila, J., 2009. Manual para el cultivo del girasol. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Maracay, Venezuela. Serie B No. 20. En sitio web:

http://www.ojs.inia.gob.ve/pub/Manual%20de%20girasol_dgctl.pdf Consultado [12-09-2017].

- Ávila, J., Díaz, A., De La Cruz, R., Moreno, N., Romero, D., Cáceres, R., Gutiérrez, L. and Flores, R., 2007. Evaluación comparativa de híbridos de girasol (*Helianthus annuus* L.) en dos zonas productoras de Venezuela. *Bioagro*, 19 (1), pp. 3-9.
- Bakht, J., Ahmad, S., Tariq, M., Akbar, H., Shafi, M., 2006. Performance of various hybrids of sunflower in Peshawar valley. *J. Agric. Sci.*, 3, pp. 25-29.
- Baumler, Erica, Cuniberti, Adela, Nolasco, Susana y Riccobene Isabel. Moisture dependent physical and compression properties of safflower seed. *Journal of Food Engineering* 2006, 72, pp. 134-140.
- Borges, O., Matos, H., Masfarroll, D. and Videaux, M.R., 2005. Resultados preliminares del empleo del FitoMas E en el cultivo del tabaco Tapado en Guantánamo (variedad Criollo 98). Informe al proyecto, p. 271.
- Carnicer, S., Angeloni, P., Caram, G. A. De, Prause, J., 2008. Relación entre radiación interceptada y el índice de área foliar en híbridos de girasol. *Comunicaciones científicas y tecnológicas*. Corrientes, Argentina.
- Casini, C., 2010. Argentina hacia la industrialización del campo. En: *Agroindustria en origen*. PRECOP, INTA (AR). Actualización técnica (52), pp. 26.
- Cholaky, L., O., Giayetto y Sgarlatta, J., 1983. Fases fenológicas del cultivo del girasol. Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba, Argentina, pp. 1 – 6.
- Cicconi, E. M., Vega, C. R. C., Moreno, M. V., Díaz, C. D. P., y Gieco, J. O., 2014. Respuesta de la tasa transpiratoria a cambios en el deficit de presión de vapor en condiciones hídricas contrastantes en líneas endocriadas de girasol. In *Congreso Latinoamericano [de Fisiología Vegetal]*. 15. Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. 30. 2014 09 21-24, 21-24 de septiembre de 2014. Mar del Plata, Buenos Aires. AR.
- Connor, D. J., y Sadras, V. O., 1992. Physiology of yield expression in sunflower. *Field Crops Res.* 30, pp. 333-389.

- Cussaianovich, P., 2001. Una aproximación a la Agricultura orgánica. *Rev. Agricultura orgánica*. 1 (17).
- Dellepiane, A. V., Sánchez Vallduví, G., y Tamagno, L. N., 2015. Sustentabilidad del monocultivo e intercultivo de *Helianthus annuus* L.(girasol) con *Trifolium pratense*, *Trifolium repens* o *Lotus corniculatus* en La Plata, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, p. 114.
- Dello Staffolo, M., y Pellegrini, C. 2015. Seguimiento y comparación de la performance de dos genotipos de girasol CL (No. 633.85). Universidad Nacional del Sur.
- Díaz, R. O. C., Ledda, R. A., y Aranda, J., 2016a. Fertilización nitrogenada en girasol en el suroeste de Chaco. *Agrotecnia*, (22), pp. 18-23.
- Díaz, E., Loeza, J., y Hernández, I. B., 2016. Comportamiento poscosecha en girasol (*Helianthus annuus* L.) en función de soluciones pulso. *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (69), pp. 26-31.
- Duarte, G., 2004. *El Cultivo de Girasol en Siembra Directa*. Editorial. Monsanto. Primera Edición. Buenos Aires, pp. 208.
- Escalante-Estrada, J. A. S., Rodríguez-González, M. T., y Escalante-Estrada, Y. I., 2015a. Fenología, biomasa y rendimiento de cultivares de girasol en Valles Altos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (13).
- Escalante-Estrada, J., S., Alberto, Rodríguez-González, M. T., Escalante-Estrada, Y. I., 2015. Nitrógeno, distancia entre surcos, rendimiento y productividad del agua en dos cultivares de frijol. *Bioagro* 27 (2), pp. 75-82.
- Farrell, M., Rivas, R., 2010. Estimación de Rendimiento en Girasol a Partir de Imágenes Captadas por el Sensor MODIS-TERRA. — *Ciencia*, 5 (19).
- Fernández, J., 2016. El futuro del girasol: nuevas variedades para el mercado. *Tierras de Castilla y León: Agricultura*, (242), pp. 44-47.

- Fernández, P. V., 2016b. Análisis del mercado de girasol (Abril 2016): Situación actual y perspectivas. Tierras de Castilla y León: Agricultura, (239), pp. 72-78.
- Gaggioli, C., Noellemeyer, E., y Quiroga, A., 2015. Productividad de híbridos de girasol diferenciados en calidad de aceite en dos suelos contrastantes de la región semiárida pampeana. II Jornadas Nacionales de Suelos de Ambientes Semiáridos.
- García, D., 2007. Evaluación del bioestimulante FitoMas E en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) var FR-28. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad agraria de La Habana.
- Gómez-Arnau, J., 1988. El cultivo del girasol. Hojas divulgadoras, 20 (88). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, pp. 31. Madrid, España.
- Gregoretto, G., y Santinelli, N. A., 2015. Variabilidad fenotípica del sistema radical de una población de mapeo de girasol (*Helianthus annuus* L.).
- Hammer, G.L., Goyne, P.J. and Woodruff, D.R., 1982. Phenology of sunflower cultivars. III. Models for prediction in field environments. Australian Journal of Agricultural Research, 33(2), pp. 263-274.
- Hebbara, M., 2015. Effect of salinity stress on seed yield through physiological parameters in sunflower genotypes.
- Hernández, J., 2007. Aspectos cualitativos evaluados por productores en la empresa de cultivos varios de Batabanó en algunos cultivos donde se aplicó FitoMas E. Informe al proyecto ramal del MINAZ, p. 271.
- Hernández, A., Pérez, J., Bosch, D. I., Rivero, L. R., Camacho, E., Ruiz, J., 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de la Habana, Cuba, pp. 37-38.
- Hernández, L.F. y Orioli G. A., 1994. El ideotipo del girasol (*Helianthus annuus* L.) Agriscientia, XI, pp. 87-98.

- Holguín J. 2010. Adaptación de ocho híbridos de girasol (*Helianthus annuus* L.) en la zona de Quevedo Tesis de grado Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Técnica Estatal de Quevedo Ecuador, pp 38 – 42.
- Kaewmeechai, S. y N. Potan. 1996. "Production of synthetic sunflower varieties in Thailand". Proceedings of the 14th International sunflower Conference. Beijing / Shenyang. China (in press).
- Karadogan, T. 2009. Effect of leaf removal on sunflower yield and yield components and some quality characters. Turkish J. of field crops 14 (2), pp. 45 – 54.
- Larrosa Koch, E., y Solera, J. M., 2015. Evaluación de la respuesta a la fertilización foliar con zinc en el cultivo de girasol (Bachelor's thesis).
- Lobell, D. B., Burke, M., Tebaldi, C., Mastrandrea, M. C., Falcon, W. P., Naylor, R.S., 2008. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. Science 319, pp. 607-610.
- López, R., Montano, R., y Caminero, R. 2003. Aplicación de diferentes dosis de FitoMas E en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*) variedad aro 8484 en condiciones de organopónico en la provincia de Santiago de Cuba. Universidad de Guantánamo.
- López, M., Berney, A., Hall, A.J., y Trápani, N., 2008. Contribution of pre-anthesis photoassimilates to grain yield: Its relationship with yield in Argentine sunflower cultivars released between 1930-1955. Field Crops Research, 105, pp. 88-96.
- López, J. G., & Ruiz, J. R. G., 2016. Rendimiento de un cultivo de girasol en siembras invernales y con alta densidad de plantas. Agricultura: Revista agropecuaria, (994), pp. 356-360.
- López, J. G., Torres, I. L., y Ruiz, J. R. G., 2018. Optimización del riego y abonado en el girasol en Andalucía. Vida rural, (443), pp. 68-73.
- López, P. Y., y Pouza, B. Y., 2014. Efecto de la aplicación del bioestimulante Fitomas-E entres etapas de desarrollo del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Desarrollo Local Sostenible. 7(20), pp. 1-10.

- López, R., Vera, G., 2003. Evaluación de diferentes dosis de Fitomas E en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus*) variedad SS-5. Universidad de Guantánamo.
- Mariña de la Huerta, C., 2010. Efecto del estimulante FitoMas E sobre el crecimiento, rendimiento y calidad en tabaco negro cultivado sobre bases agroecológicas. Cuba.
- Mateos, N., 2004. Información general. En sitio web: <http://www.chicos.net/chicosnet/hm/corresponsales/general69.htm> Consultado [12-09-2017].
- Monar, C., 2008. Informe Anual. UVTT/C-INIAP. Guaranda, Ecuador, pp. 42.
- Monsoote, Marta, Funes, F., Marrero, R., 2003. Manual de Producción de Oleaginosas. La Habana, Pp. 13-25.
- Montano, R., Zuaznábar, R., García, A., Viñals, M. y Villar, J., 2007. Fitomas-E. Bionutriente derivado de la Industria Azucarera.--Ciudad de la Habana: ICIDCA, p.10.
- Montano, R. 2008. FitoMas E, bionutriente derivado de la industria azucarera. Instituto Cubano de Investigaciones de los derivados de la caña de azúcar (ICIDCA).
- Montiel, M. G., Perelman, S., y De La Vega, A. J., 2017. Evaluación de métodos para el análisis estadístico de ensayos comparativos de rendimiento de girasol (*Helianthus annuus* L.). RIA. Revista de investigaciones agropecuarias, 43 (3), pp. 274-276.
- Morales-Morales, E. J., Morales-Rosales, E. J., Díaz-López, E., Cruz-Luna, A. J., y Medina-Arias, N., 2015. Tasa de asimilación neta y rendimiento de girasol en función de urea y urea de liberación lenta. Agrociencia, 49 (2), pp. 163-176.
- Moreno, M. V., Buffa, E., Passetti, J., Cordes, D. D., Alvarez, D., Di Rienzo, J. A., y Lia, V. V., 2014. Fenotipificación de líneas endocriadas de girasol [*Helianthus annuus* L.] en respuesta a estrés hídrico temprano con perspectivas para su empleo en mapeo de asociación. In Congreso Latinoamericano [de Fisiología Vegetal]. 15. Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. 30. 2014 09 21-24, 21-24 de septiembre de 2014. Mar del Plata, Buenos Aires. AR.

- Padilla, C., 2006. Evaluación de híbridos y una variedad naturalizada de girasol para la producción de granos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 40 (1).
- Peña, J. M., Torres-Sánchez, J., Serrano-Pérez, A. and López-Granados, F., 2014. Detección de malas hierbas en girasol en fase temprana mediante imágenes tomadas con un vehículo aéreo no tripulado (UAV). *Revista de Teledetección*, (42), pp.39-48.
- Pereira, L. G. R., 2003. Potencial forrageiro da cultura do girassol (*Helianthus annuus*) para produção de silagem. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 160p. (Tese, Doutorado em Ciência Animal).
- Pereyra, V., Feoli, C., Sarlangue, H., 2001. Girasol en siembra directa. Cuadernillo Técnico 1. ASAGIR – Asociación Argentina de Girasol.
- Pizarro de Márquez, M. 2009. Girasol. 3 ed. Chile. Editorial Hortitécnia, p. 41.
- Ramos, L, Martínez, F., 2007. Efecto del FitoMas E y el Bioplasma en el rendimiento del cultivo de la lechuga var. Anaida, bajo condiciones de cultivo semiprotegido. XV Congreso Científico INCA. 7-10 de noviembre 2006. San José de Las Lajas. La Habana.
- Recalde, E., 2007. Adaptabilidad de 10 híbridos de girasol (*Helianthus annuus*) argentinos en la granja ECAA provincia de Imbabura. Cultivos energéticos alternativos Proyecto Centro Iberoamericano de Investigación y Transferencia de Tecnologías en Oleaginosas, pp. 111-130.
- Reddy, B. N., 2015. Sustainability of sunflower-based crop sequences in rainfed alfisols.
- Restrepo, J., 2000. Teoría de la Trofobiosis. Preparado con base en los textos de Francis Chaboussou (Dependencia entre la calidad nutricional de las plantas y sus parásitos).
- Rincón-Carruyo, Xomaira R., Clavero, T. J., Rincón, E., Quintero, C. F., y Márquez, A. T., 1997. Evaluación de parámetros agronómicos y fisiológicos en cuatro cultivares de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en macetas. II. Planta adulta. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*, 14, pp. 649-656.

- Rincón, C.A. y de Silva, L. C., 1992. "Fenología, área foliar y producción de materia seca en tres variedades de soya (*Glycine max* (L.) Merr) bajo riego en condiciones de sabana". En sitio web: http://www.redpav-fpolar.info.ve/agrotrop/v42_3-4/v423a040.html Consultado [20-04-16].
- Sáez, M., 2016. Efecto de factores sobre la regulación del desarrollo de la hoja primaria de plantas de girasol.
- Sankar, G. R., 2003. Crop growth prediction in sunflower using weather variables in a rainfed alfisol Helia, 26 (39), pp. 125-140.
- Sarwar M. A., Khalil-Ur-Rehman M. N., Javeed H. M. R., Ahmad, W., Shehzad M. A., Iqbal, S., y Abbas, H. T., 2013. Comparative performance of various sunflower hybrids for yield and its related attributes. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 46 (4), pp. 57-64.
- Samuell, H., 2004. Girasol, Técnicas Actualizadas Para Su Mejoramiento y Cultivo. // Primera Edición. Editorial Hemisferio Sur, pp. 63.
- Seneviratne, K. G. S., Ganesh, M., Ranganatha, A.R.G., Nagaraj, G. y Devi, K. R., 2004. Population improvement for seed yield and oil content in sunflower. *Helia*, 27(41), pp. 123-128.
- Shafiullah, M. K., Baitullah, M. R., Khan, B.R. y Ozair, C. A., 2001. Effect of desiccant application and time of harvest on yield and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) *Helia*, 24 (34), pp. 105-114.
- Shagarodsky, T., Alfonso, J. C, Rodríguez, C., Ortega, Marisel, y Dibut, B., 2006. Evaluación del producto FitoMas E en el cultivo del garbanzo durante la campaña 2005-2006. INIFAT, Informe interno.
- Smith, K., y Petley, D. N., 2009. Hydrological hazards: drought. In: *Environmental hazards. Assessing risk and reducing disaster*. New York (USA), Pp. 262-285.
- Sotelo, C. E., Zalocar, Y., y Iglesias, M. C., 2016. Biofertilización con cianobacterias (*Nostoc* sp.): efecto sobre el rendimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.), en suelos del Chaco. *Agrotecnia*, (23), pp. 21-21.

- Stocking, M. A., 2003. Tropical soils and food security: the next 50 years. *Science* 302, pp. 1356-1359.
- Suárez, J. J., y Herrera, D., 1969. Efecto de la población y niveles de fertilización en el rendimiento de grano de girasol. *Revista cubana de ciencia agrícola*, 3 (3), pp. 236 - 270.
- Szemruch, C. L., Cantamutto, M. A., García, F.A., Aguirre, M., Renteria, S. J. y Rondanini, D. P., 2017. Hybrid sunflower seed yield, composition and deterioration after chemical desiccation. *International Journal of Plant Production*, 11 (2).
- Tang, S., Kishore, V. K., Knapp, S. J., 2003. PCR-multiplexes for a genome-wide framework of simple sequence repeat marker loci in cultivated sunflower. *Theoretical and Applied Genetics* 107, pp. 6-19.
- Trápani, N., López P. M., Sadras, V. O., y Hall, A. J., 2004. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad del girasol. In.: *Producción de granos: Bases funcionales para su manejo*. Bs. As., AR, Facultad de Agronomía UBA, pp. 203-241.
- Vega, R. M., 1999. Crecimiento y rendimiento de girasol (*Helianthus annuus* L.) en función del nitrógeno, densidad de población y época de aclareo. Tesis de Maestría en Ciencias. Especialidad de Botánica. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Vera, G. A., López, R., 2002. Evaluación de diferentes dosis de FITOMAS en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus*) variedad SS-5. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo.
- Vranceanu, A. V., 1997. *El girasol*. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid – España.
- Yasin, A. B., Singh, S., 2010. Correlation and path coefficient analyses in sunflower. *J. Plant Breeding and Sci.* 2, pp. 129-133.

Anexos

8. Anexos

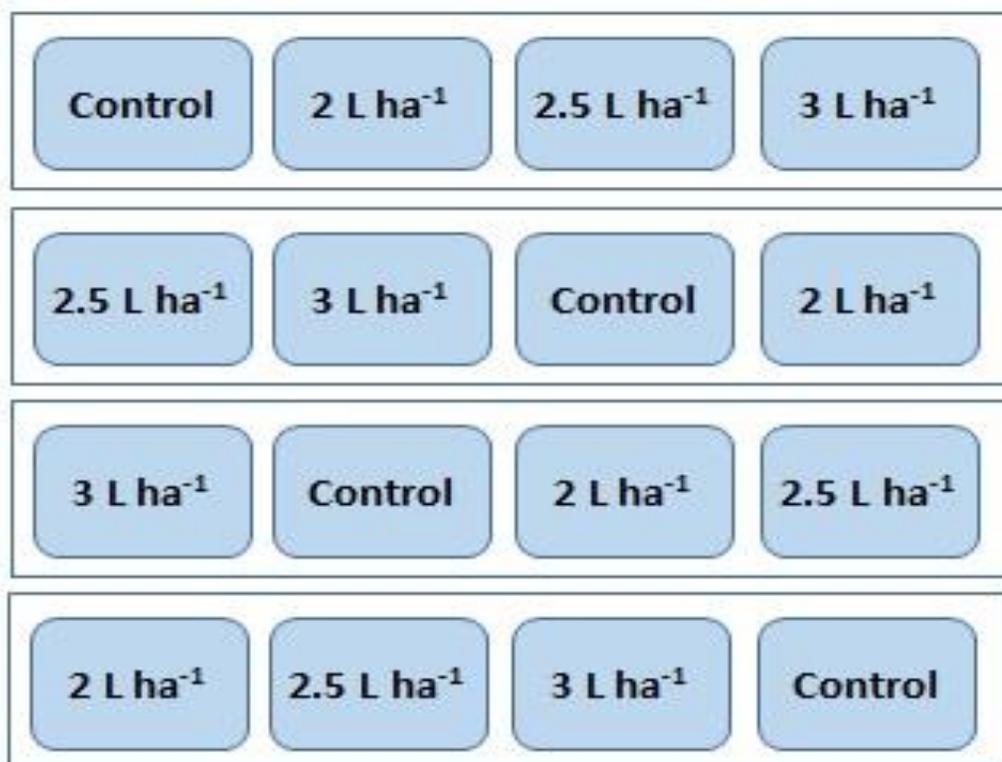


Figura 7. Diseño experimental en cuadrado latino

Leyenda:

Tratamientos

- Tratamiento 1 (Control, sin aplicación de FitoMas-E)
- Tratamiento 2 (dosis de FitoMas-E a razón de 2.5 L ha⁻¹)
- Tratamiento 3 (dosis de FitoMas-E a razón de 2.5 L ha⁻¹)
- Tratamiento 4 (dosis de FitoMas-E a razón de 3 L ha⁻¹)

Simbología

- C
- 2 L ha⁻¹
- 2.5 L ha⁻¹
- 3 L ha⁻¹