Respuesta morfofisiológica de frijol *(Phaseolus vulgaris L.*) tratado con bioestimulantes en condiciones edafoclimáticas de Santa Isabel.

Morphophysiological response of beans (Phaseolus vulgaris L.) treated with biostimulants under soil and climate conditions in Santa Isabel.

Ana Boudet Antomarchi [(1)]

Tony Boicet Fabré [(2)]

(1) Universidad de Granma. Bayamo, Cuba. email: aboudeta@udg.co.cu.

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2119-7781

(2) Universidad de Granma. Bayamo Granma. Cuba. email: tboicetf@udg.co.cu.

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5769-6852

Contacto de dirección: aboudeta@udg.co.cu

Enviado: 08/07/2025 \ Aprobado: 13/10/2025

Resumen

Con el objetivo de evaluar la respuesta de indicadores morfofisiológicos de frijol tratado con los bioestimulantes Azofer®-F y Quitomax® en condiciones edafoclimáticas de la CCS Anselmo Aldana de la comunidad Santa Isabel municipio Bayamo, se llevó a cabo una investigación en condiciones de campo en la finca "La Dichosa" sobre un suelo Fluvisol de topografía llana en el período comprendido entre noviembre de 2024 y febrero de 2025. Se analizaron los parámetros morfológicos: longitud del tallo, diámetro del tallo y número de hojas y los indicadores fisiológicos biomasa seca de la parte aérea de las plantas y las etapas fenológicas y los grados–días utilizados hasta la madurez fisiológica. Se realizó un muestreo totalmente aleatorizado con 20 repeticiones en cada tratamiento. A los datos obtenidos se le realizó un análisis de varianza de clasificación simple y prueba de Tukey en caso de diferencias significativas para $p \leq 0,05$ mediante el software estadístico Statgraphics XVI. Los resultados mostraron que en condiciones ambientales de la comunidad "Santa Isabel", los indicadores morfológicos y la biomasa seca de la parte aérea respondieron positivamente a la aplicación de bioproductos, con un Índice de Eficiencia que osciló entre 101,2 y 7,6 % respecto al control sin aplicación, sin embargo, no existió respuesta diferenciada de las diferentes etapas fenológicas del cultivo. El cultivo necesitó

para completar el ciclo desde la siembra a la madurez fisiológica 76 días con un total de 1091,26 °Cd acumulados.

Palabras claves: Bioproductos; fenología; frijol; grados-días; morfofisiología.

Abstract

With the objective of evaluating the response of morphophysiological indicators of beans treated with the biostimulants Azofer®-F and Quitomax® under soil and climate conditions of the Anselmo Aldana CCS in the community of Santa Isabel, Bayamo municipality, a study was carried out under field conditions at the "La Dichosa" farm on a Fluvisol soil with flat topography from November 2024 to February 2025. The morphological parameters were analyzed: stem length, stem diameter and number of leaves and the physiological indicators dry biomass of the aerial part of the plants and the phenological stages and degree-days used until physiological maturity. Completely randomized sampling was performed with 20 replicates for each treatment. The data obtained were subjected to simple classification analysis of variance and Tukey's test in case of significant differences for $p \leq 0.05$ using Statgraphics XVI statistical software. The results showed that under the environmental conditions of the "Santa Isabel" community, the morphological indicators and the dry biomass of the aerial part responded positively to the application of bioproducts, with an Efficiency Index that ranged between 101.2 and 7.6 % with respect to the control without application, however, there was no differentiated response of the different phenological stages of the crop. The crop needed 76 days to complete the cycle from sowing to physiological maturity, with a total of 1091.26 accumulated º Cd

Key words: Bioproducts; phenology; bean; degree-days; morphophysiological

Introducción

La temperatura es considerada la variable climática más importante en las necesidades fisiológicas de las plantas y numeroso estudios han determinado que un incremento de 1 °C en la temperatura media causa daños a los cultivos (Peltonen-Sainio *et al.*, 2016) por las alteraciones en las variables fisiológicas y reproductivas de las plantas (Sun *et al.*, 2018), caída de las hojas, flores y frutos por stress (Silveira, 2016) y disminución del proceso de la fotosíntesis, producción de biomasa y perdida de fecundidad (Nendel *et al.*, 2019), de ahí que, los cambios en la fenología inducidos por el calentamiento causados por el cambio climático también son un factor importante en el reciente aumento de la actividad de la vegetación (Piao *et al.*, 2017).

En el contexto actual los bioestimulantes son una opción para aminorar la huella ambiental de la producción de los alimentos para una población creciente, adoptándolos como tecnología e innovación para producir una agricultura orgánica, ecológica y sustentable (Ali et al., 2021), constituyen estos, una variante prometedora, ya que este grupo de sustancias o microorganismos benéficos, inducen respuestas fisiológicas y morfológicas en las plantas, especialmente bajo condiciones desfavorables, lo que conduce a mejorar su adaptación, crecimiento y productividad (Szpunar 2022, Valero *et al.*, 2023), impactando de forma favorable en el rendimiento (Kocira *et al.*, 2020).

Estos productos son una alternativa para el manejo sustentable en la nutrición de cultivos, lo que permite el desarrollo de una agricultura rentable y ecológica (Tamayo-Aguilar *et al.*, 2020)

Dentro de este grupo de compuestos están las Oligosacarinas, que son polisacáridos y oligosacáridos naturales que forman parte de las paredes celulares de las plantas y microorganismos como los hongos. El polisacárido de Quitosano (compuesto activo del Quitomax®) es uno de los bioestimulantes más estudiado al respecto, es biocompatible, biodegradable, posee baja toxicidad, alta actividad antimicrobiana y se ha encontrado su efecto estimulador del crecimiento, el desarrollo y los rendimientos en cultivos de interés. (Falcón *et al.*, 2017), y el Azofert®-F es un inoculante a base de bacterias del género Rhizobium, capaz de asociarse con las plantas leguminosas, y forma nódulos en sus raíces, dentro de los cuales fijan el nitrógeno del aire y lo brindan directamente a la planta, por lo que se reduce de esta forma el uso de fertilizantes químicos (Nápoles et al., 2016)

Varias alternativas resultan necesarias adoptar para garantizar el incremento de los rendimientos en las áreas productoras de frijol común a partir de la posibilidad del empleo de diferentes bioproductos, entre ellos el Azofert®-F y Quitomax®.

Objetivo:

Evaluar la respuesta de algunos indicadores morfofisiológicos del frijol tratado con los bioestimulantes Azofer®-F y Quitomax® en condiciones edafoclimáticas de la comunidad Santa Isabel.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la finca "La Dichosa" perteneciente a la CCS "Anselmo Aldana Medel" en la comunidad Santa Isabel, en el municipio Bayamo provincia Granma en el período comprendido desde noviembre de 2024 a febrero de 2025

Condiciones edafoclimáticas del área de estudio

El suelo donde se desarrolló la investigación resultó un Fluvisol (Hernández *et al.*, 2015), de topografía llana, con las siguientes características químicas (tabla 1), según laboratorio provincial de suelos.

Profundidad (cm)	MO %	pH		P_2O_5	K_2O	CE ($ds.m^{-1}$)
		H_2O	KCl	mg/100g		
0 – 10	2,40	7,5	5,9	2,87	18,33	0,71
11 – 20	2,22	7,3	5,8	1,80	15.0	0,82

Leyenda: MO – materia orgánica; pH en H_2O en agua y pH en KCL – Cloruro de potasio; P_2O_5 – Fosforo; K_2O – Potasio; CE – Conductividad eléctrica

Tabla 1. Características químicas del suelo

Los datos climáticos correspondientes al período que duró la investigación fueron tomados decenalmente en el Centro Meteorológico de la provincia Granma. Temperaturas medias que oscilaron entre 24,2 y 25,3 ºC, humedad relativa entre 74,2 y 82,6 % y lluvias acumuladas durante el periodo de 180 mm. (Fig. 1)

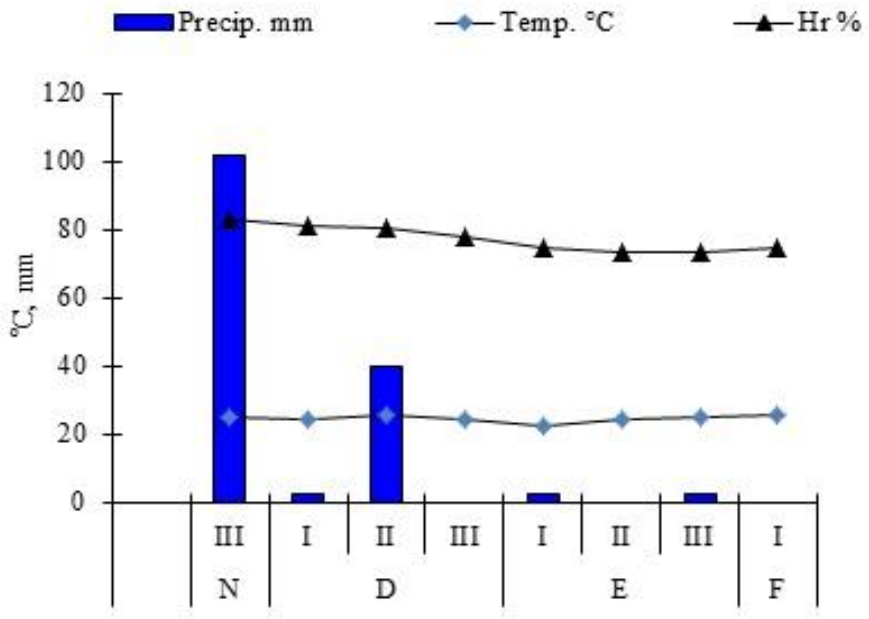


Figura 1. Dinámica de los elementos climáticos

Diseño experimental

En el área de estudio fueron conformadas tres parcelas de 30 m de longitud y 4,5 m de ancho. Cada parcela representó una unidad experimental de 135 m^2 con cinco surcos, donde fueron aplicados los tres tratamientos. Se empleó un marco de siembra de 0,90 x 0,05 m

Los tratamientos consistieron en:

T1 – Tratamiento control (sin aplicación de bioproducto)

T2 – Aplicación a las semillas de Azofer®-F + Quitomax® a razón de 500 mgL^{-1}, en el momento de la siembra

T3 – Aplicación de Azofer®-F a las semillas a razón de 200 mL por cada 50 kg de semilla en el momento de la siembra

Las prácticas culturales y fitosanitarias se realizaron según lo descrito en las instrucciones técnicas para el cultivo de frijol en Cuba (MINAG, 2014).

La variedad de frijol de testa roja Buena Ventura fue la utilizada en la investigación.

Variedad	CG	Potencial de rendimiento. (Kg. ha^{-1})	HC	Días después de la siembra			Masa 100 semillas (g)
				DF	DM	DMC	
Buena ventura	Rojo	2929	II	33	68	79	19

Leyenda: CG – Color del grano; HC – Habito de crecimiento; DF – Días a la floración; DMF – Días a la madurez fisiológica; DMC – Días a la madurez de cosecha

Tabla 2. Características de la variedad Buena ventura (MINAG 2017)

Variables evaluadas y metodología empleada

Variables morfológicas

1) Longitud del tallo (cm): medida a partir de la superficie del suelo hasta la yema terminal del tallo con una regla graduada en 20 plantas por tratamientos en la fase de llenado de las vainas.

2) Diámetro del tallo (cm): medido con un pie de rey en la parte media del tallo en 20 plantas por tratamientos en la fase llenado de las vainas.

3) Número de hojas verdes expandidas. $planta^{-1}$: conteo de las hojas en las 20 plantas de la muestra anterior

Variables fisiológicas

1) Masa seca de la parte aérea de las plantas (g): medida en cinco plantas en la etapa de llenado de las vainas, separadas de la raíz y secadas en estufa a 70 °C hasta masa constante y pesadas en balanza digital marca KERN PFB.

2) Etapas fenológicas: se realizaron observaciones fenológicas según metodología de la ACC, (1976). El registro fenológico (desde la emergencia hasta la madurez fisiológica) incluyó el número de días después de la siembra (dds) y los grados día (°Cd).

El cálculo del tiempo térmico requerido expresado en grados – días (°Cd) se realizó teniendo en cuenta las unidades térmicas para cada fase fenológica, tomándose como temperatura base (Tb) del cultivo 10 °C, la temperatura media de cada período y para los grados – días se utilizó la siguiente fórmula según Sadras *et al.* (2000).

$$Tt = tm - \text{tb} \qquad (1)$$

Donde:

Tt = tiempo térmico en un día (°C /d)

Tm = temperatura media del día (°C)

tb = temperatura base (°C)

Los grados – días (°Cd) acumulados en un período de n días serían:

$$GD(n) = \sum(Tt)n \qquad (2)$$

Índice de Eficiencia (IE %). para determinar el efecto de la aplicación de los bioestimulantes, a partir de la fórmula propuesta por metodología citada por Bustamante *et al.* (2024) y Díaz-Medina *et al.* (2023).

$$IE\ (\%) = \frac{Valor\ del\ trat.con\ aplicación - Valor\ del\ trat.control}{Valor\ del\ tratamiento\ control}\ X\ 100 \qquad (3)$$

Donde:

IE (%): Índice de eficiencia

Los datos experimentales fueron procesados mediante un análisis de varianza de clasificación simple mediante el software estadístico Statgraphics XVI para Windows y en caso de diferencias significativas se aplicó la Prueba de Tukey para $p \leq 0{,}05$.

Resultados

Indicadores morfológicos (tabla 3)

De acuerdo a los resultados alcanzados la longitud de los tallos fue superior en las aplicaciones de los bioestimulantes respecto al tratamiento control sin aplicación, con mayor valor para

Azofer®-F + Quitomax® con 6,5 cm superior al tratamiento con Azofer-F y con 9,9 cm al control sin aplicación, lo que representó un 11,9 % y 18,13 % respectivamente.

Igualmente, el diámetro del tallo fue significativamente superior entre un 6 y 10 % para los dos tratamientos con bioestimulantes respecto al control sin aplicación, aunque sin diferencias entre ellos. El número de hojas también mostró incrementos que oscilaron entre 7,1 y 24,8 %, respecto al control. Es evidente que este incremento de los parámetros morfológicos, finalmente tuvo una repercusión positiva sobre la producción de granos y por ende en el rendimiento del cultivo, con respecto a lo anteriormente planteado, existe evidencia de que su uso estimula el crecimiento del área foliar y acumulación de materia seca, así como el rendimiento y sus componentes (Romero-Félix *et al.*, 2023)

Tratamientos	L T (cm)	DT (cm)	NH
Testigo sin aplicación	44,6 c	0,75 b	33,2 c
Azofer®-F + Quitomax®	54,5 a	0,85 a	44,2 a
Azofer®-F	48,0 b	0,81 a	36,3 b
ES_X	0,902	0,011	0,91

Leyenda: LT: Longitud del tallo; DT: Diámetro del tallo; NH: Número de hojas
Letras iguales en una misma columna no existe diferencias significativas según Tukey para $p \leq 0,05$ de significación
Tabla 3. Indicadores morfológicos de las plantas de frijol en la fase de llenado de las vainas

Cabe agregar que estas respuestas pueden atribuirse al efecto de los bioproductos, los cuales incrementan las funciones metabólicas relacionadas con el crecimiento y desarrollo de las plantas, y de acuerdo a Martínez-Sánchez *et al.* (2017), promueven mecanismos de absorción y translocación de nutrientes.

Similares resultados fueron obtenidos en el cultivo de frijol común variedad Delicia – 304 por Tamayo-Aguilar *et al.* (2020), en las variables morfológicas, en trabajos realizados con biofertilizantes y bioestimulantes, donde la altura de las plantas se incrementó con la inoculación de las cepas de HMA aplicadas vía recubrimiento de las semillas, asimismo, la altura aumentó con los tratamientos combinados de HMA y Spiruvinas aplicados foliarmente a los 30 y 45 días después de la siembra.

Otros como Morales-Guevara *et al.* (2017), encontraron que el Quitomax® aplicado en dos momentos del desarrollo del cultivo de frijol en dosis de 200 mg ha^{-1} aumentó el crecimiento de las plantas al encontrar resultados positivos en el incremento de la altura de las plantas, el diámetro del tallo y el número de foliolos, así como mejor respuesta al estrés por sequía.

En estudios realizadas por Martínez- González *et al.* (2016) con Azofer®+Quitomax® (500 mg L^{-1}) y de Azofer®-F y Biobras-16, encontraron que la aplicación de Azofer®-F estimuló significativamente la longitud de la parte aérea de las plantas de frijol en comparación con las plantas del tratamiento control. Por otra parte, Liriano *et al.* (2012), reportaron que el tratamiento a semillas de frijol cv. Cuba-Cueto 25-9 con rizobios, incrementó la altura de las plantas con respecto a plantas no inoculadas.

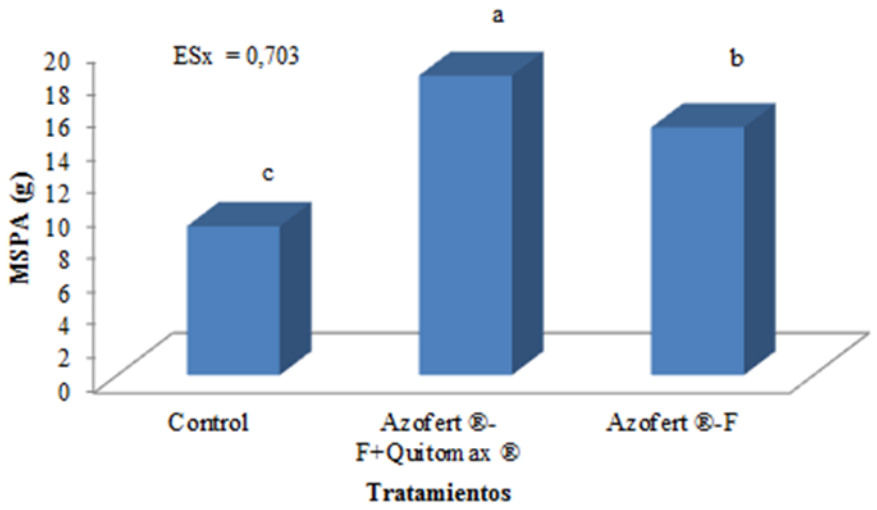
Los resultados obtenidos por Castro-Lizazo *et al.* (2022), evidenciaron diferencias estadísticas significativas en la longitud de la parte aérea y de raíz de plántulas de tomates cv. Mara, cuando fueron tratadas las semillas con Quitomax® (5 mg/L durante 20 min) y OPLANT® en relación con el tratamiento control.

Resultados similares fueron reportados por Pedro Idania et al. (2022) cuando encontraron que la imbibición de las semillas de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.),* en una mezcla de EcoMic®, Azofert®-F y QuitoMax®, estimuló el crecimiento en altura de las plantas. Igual resultados lograron Morales et al. (2016) los que infieren que la aplicación de QuitoMax® estimula el crecimiento de las plantas.

Indicadores fisiológicos

Biomasa seca

El análisis de la respuesta mostrada por esta variable, pudo constatar que los tratamientos Azofer®-F + Quitomax® y Azofer®-F superaron con diferencias estadísticas significativas al tratamiento control sin aplicación, y con diferencias igualmente entre ellos. (Fig. 2), resultando el mayor incremento de la biomasa seca de la parte aérea en el tratamiento Azofer®-F + Quitomax® con 9,11 g $planta^{-1}$ sobre el control, lo que representó el 50,3 % seguido de Azofer®-F, con una diferencia entre ambos de 3,19 g $planta^{-1}$, representando un 17,6 % y 5,92 g $planta^{-1}$ y 32,6 % respecto al control sin aplicación.



Letras iguales en una misma columna no existe diferencias significativas según Tukey para p ≤ 0,05 de significación
Figura. 2. Efecto de los tratamientos sobre la biomasa seca de la parte aérea (MSPA) en plantas de frijol.

Esta respuesta pudiera atribuirse a que el Azofer®-F es un inoculante a base de bacterias del género Rhizobium, capaz de asociarse con las plantas leguminosas y formar nódulos en sus raíces, dentro de los cuales fijan el nitrógeno del aire y lo brindan directamente a la planta por lo que se reduce de esta forma el uso de este nutriente mediante formulaciones químicas (Nápoles *et al.*, 2016).

Otros con similares resultados fueron Quintero-Rodríguez *et al.* (2018), los que observaron que los bioestimulantes evaluados favorecieron significativamente la producción de materia seca de la parte aérea en plantas de frijol cultivar Bat-304 respecto al tratamiento sin aplicación, resultando los de mayor efecto los tratamientos con ME- 50 y Biobras-16, los cuales incrementaron la materia seca en 11,47 g planta^{-1}, lo que significó un incremento de 49,30 %.

También Morales-Guevara *et al.* (2017), observaron que plantas de frijol tratadas con Quitomax® y sometidas a dos niveles de abastecimiento hídrico incrementaron el contenido de materia seca, siendo las hojas seguidas de los tallos los que más contribuyeron a la acumulación de materia seca por las plantas.

Anastasio-Ángel *et al.* (2024), reportaron incrementos de la biomasa seca aérea en plantas de frambuesa tratadas con bioestimulantes (ceras y algas) superando en peso al control con 69.78 y 64.68% cuando se aplicaron, ceras y algas, respectivamente.

La razón de este incremento según Xue *et al.* (2017) fue que las ceras constituyen un rasgo natural de las plantas que puede reflejar y proteger a las plantas de la radiación excesiva,

facilitando mejores condiciones para desarrollar las funciones metabólicas, que permiten la acumulación de biomasa, mientras que los extractos de algas albergan polisacáridos, macro y microelementos, vitaminas y fitohormonas, que sirven como sustratos del metabolismo, induciendo rápidas respuestas fisiológicas que promueven el crecimiento y desarrollo según Mutale-Joan *et al.* (2020).

Etapas fenológicas

En los últimos años los estudios fenológicos han recibido un renovado interés debido a su utilidad como indicadores de los efectos del cambio climático en los ecosistemas naturales y los sistemas de producción agrícola.

Los días en que las plantas alcanzaron cada una de las etapas fenológicas de desarrollo en los tratamientos utilizados se aprecia en la figura 3, mostrando que en todos los tratamientos las diferentes etapas fenológicas se alcanzaron al mismo tiempo, con seis días las etapas V0 y V1 (germinación y emergencia).

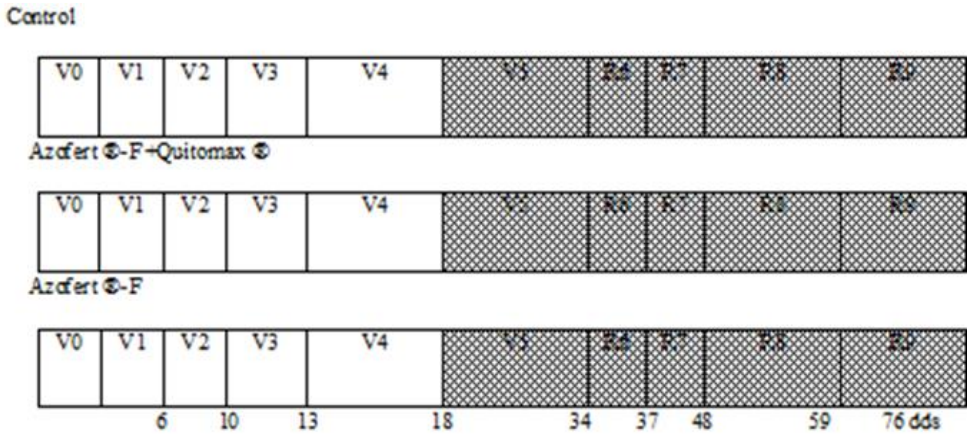


Figura 3. Caracterización fenológica en días después de la siembra (dds) desde la siembra hasta la madurez fisiológica**.**

Las demás etapas vegetativas (V2) hojas primarias desplegadas, 10 dds, (V3) primera hoja trifoliada completamente abierta 13 dds y (V4), tercera hoja trifoliada desplegada 18 dds, se sucedieron al mismo tiempo en más del 75 % de las plantas observadas en todos los tratamientos.

La etapa de prefloración (V5) aparición del primer botón floral o racimo, se comportó de forma similar a las anteriores en cada uno de los tratamientos, con tiempo de 34 dds, las fases reproductivas (R6) floración a los 37 dds y (R7) formación de vainas 48 dds, fueron iguales en

tiempos fenológicos para los tres tratamientos, la etapa R8 llenado de las vainas con 59 dds y R9 madurez fisiológica 76 dds.

Estos resultados son los primeros que se obtienen en el área sobre la respuesta fenológica de la variedad de frijol *Phaseolus* "Buena Ventura" a la aplicación de los bioestimulantes Azofer®-F + Quitomax® y Azofer®-F. En las bibliografías consultadas no se encontraron reportes referidos a los procesos fenológicos de las plantas de cultivos y su relación con la aplicación de bioproductos, sino a la variación de los factores ambientales principalmente la temperatura.

No cabe duda que los resultados obtenidos en el presente trabajo, sugieren que es necesario continuar investigando sobre las posibles respuestas de los indicadores fenológicos de las plantas a la aplicación de los bioproductos estimulantes por su acción reguladora de procesos fisiológicos y morfológicos en los vegetales.

Rosales-Serna *et al*. (2021), como resultados de sus investigaciones sobre fenología y productividad del agua en variedades de frijol, encontraron que la duración de las etapas fenológicas se redujo en una de las localidades debido a un incremento en la temperatura mínima promedio (14.2 ºC), lo anterior, aceleró el desarrollo y redujo el ciclo biológico de las dos variedades bajo estudio, poniendo de manifiesto que la duración de las etapas fenológicas está en función del comportamiento térmico durante el período de crecimiento de la especie.

López-Maya (2024) como resultados de trabajos realizados sobre fenología del cultivo de frijol común variedad vaquita negro reportó duración de la etapa vegetativa de 41 días, la de mayor duración, seguida de la etapa de madurez con 38 días con una variación del ciclo entre 107 y 128 días después de la siembra, influenciado por las condiciones de temperatura y precipitación presentes en cada año de estudio.

De acuerdo con Ruiz, (2018) la temperatura controla la tasa de desarrollo de muchos organismos, incluyendo plantas, animales, insectos y microorganismos, que requieren una cierta acumulación de calor para poder pasar de una etapa de desarrollo a otra.

Por su parte Ramírez *et al.* (2019), aseguran que la temperatura ambiental impacta en el desarrollo y crecimiento de la mayoría de los cultivos, plagas y enfermedades. También Cao y Tibbits, (1995) citados en Callejas-Rodríguez *et al.* (2023), afirman que uno de los principales factores que determinan el crecimiento y desarrollo de las plantas es la temperatura y cada

genotipo tiene una respuesta diferenciada para alcanzar los diferentes estados fenológicos. Grados – días (°Cd)

La acumulación de grados días para los tres tratamientos involucrados en la investigación fueron iguales durante el primer subperíodo siembra – emergencia con 88,2 °Cd (Tabla 4), en el segundo subperíodo, emergencia – floración los requerimientos de calor estuvieron en 438,7 °Cd con 30 días acumulados, el subperíodo floración – fructificación el cual tuvo una duración de once días, la cantidad de gados – día (°Cd) acumulados fue de 135,96 °Cd, en tanto que durante el subperíodo floración – fructificación se necesitaron 428,4 °Cd y para completar el ciclo desde la siembra a la madurez fisiológica se acumularon 76 días con 1091,26 °Cd acumulados.

Subperíodos	Días acumulados	°Cd acumulados
Siembra – emergencia	6	88,2
Emergencia – floración	30	438,7
Floración – fructificación	11	135,96
Fructificación – madurez fisiológica	29	428,4
Total	76	1091,26

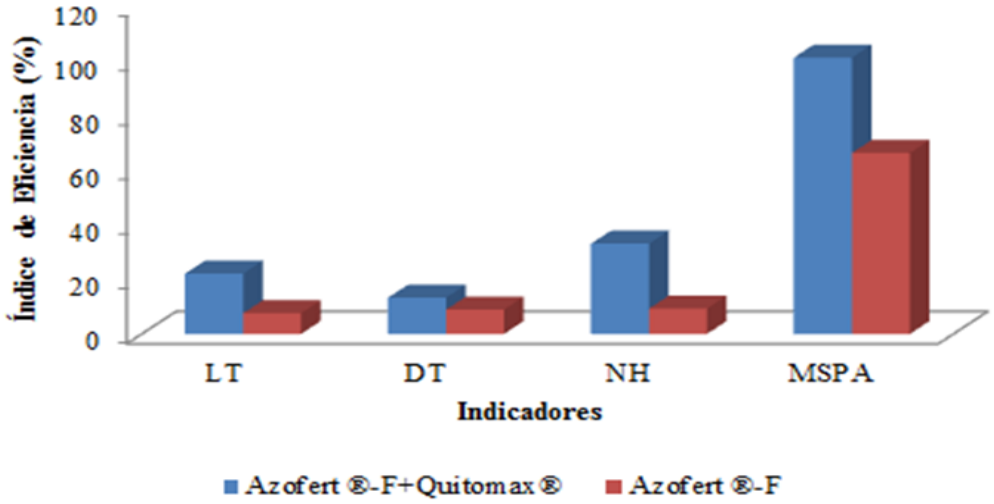
Tabla 4. Grados – días acumulados en cada subperíodo de desarrollo del cultivo de frijol var. Buena ventura

En este sentido, Rosales-Serna *et al.* (2021), reportaron la acumulación de grados días (ºCd) en dos variedades de frijol en las fases de floración y madurez en ambientes diferentes cuyos valores oscilaron entre, Pinto Centauro (floración 406 a 430 ºCd y madurez 893-937 ºCd) en comparación con Pinto Saltillo (floración 438 a 459 ºCd y madurez 900-1013 ºCd), influenciados por las condiciones del ambiente en cada localidad.

Índice de Eficiencia

Los índices de eficiencia para los indicadores longitud de tallo (LT), diámetro de tallo (DT), número de hojas (NH) y masa seca de la parte aérea (MSPA) (Fig. 4), muestran los incrementos obtenidos al aplicar los tratamientos con bioproductos respecto al tratamiento control sin aplicación.

Los valores alcanzados representan entre 22,1 y 7,6 % de incremento de Azofer®-F + Quitomax® y Azofer®-F respectivamente para la longitud promedio de los tallos; entre un 13,3 y 8,9 % para el diámetro promedio de los tallos; 33,1 y 9,3 % para el número de hojas y 101,2 y 66,3 % para la masa seca de la parte aérea, el mayor incremento, lo que representa que la mayor efectividad en la aplicación de estos bioproductos se logró en la masa seca.



Leyenda: LT – Longitud de tallos; DT – diámetro de tallos; NH – Número de hojas; MSAP – Masa seca de la parte aérea.

Figura. 4. Índice de Eficiencia para los indicadores evaluados en cada tratamiento.

Al respecto Jessica Cargua et al. (2019) encontraron que en base a ganancia de peso seco el tratamiento más eficiente fue el bioestimulante a base de fitohormonas con 143% de eficacia, seguido de los tratamientos a base de extracto de Chlorella y aminoácidos con 130 y 103%, en relación al tratamiento control. Sin embargo, desde el punto de vista agrícola cabe resaltar que todos los bioestimulantes probados fueron eficaces para incrementar el desarrollo inicial de plántulas de frijol.

Conclusiones

- La incorporación de los bioestimulantes Azofer®-F y Quitomax® a las semillas previo a la siembra del cultivo favoreció el incremento de los indicadores morfológicos evaluados, longitud de los tallos, diámetro de los tallos y número de hojas con valores que oscilaron entre: 11,9 y 18,3, %; 6 y 10 % y 7,01 y 24,8 % respectivamente con relación al control.
- El indicador fisiológico biomasa seca de la parte aérea resultó el de mayor incremento en el tratamiento Azofer®-F + Quitomax® con 9,11 g planta^{-1} sobre el control lo que representó el 50,3 % y un Índice de Eficiencia de 101%.
- No se evidenciaron diferencias en la aparición de las diferentes etapas fenológicas del cultivo en cada uno de los tratamientos con respecto al control sin aplicación. El cultivo necesitó para completar el ciclo desde la siembra a la madurez fisiológica 76 días con un total de 1091,26 °Cd acumulados.

Bibliografías

ACC (Academia de Ciencias de Cuba). Instituto de Meteorología. (1976). Instrucciones para realizar observaciones agrometeorológicas en estaciones y puestos. La Habana. 236p.

Ali, O., A. Ramsubhag y J. Jayaraman, (2021). Biostimulants properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. Plants 10(3): 531.

Anastacio-Angel, G., González-Fuentes, J. A., Zermeño-González, A., Robledo-Olivo, A., Lara-Reimers, E. A., y Peña-Ramos, F. M. (2024). Efecto de Bioestimulantes en Crecimiento, Fisiología y Calidad Bioquímica de Frambuesa (*Rubus idaeus* L.) Sometida a Estrés Hídrico. Terra Latinoamericana, 42, 1-14. e1772. Disponible en: https://doi.org/10.28940/terrav42i0.1772

Brito P. F. O. Vinicius Augusto Vicente, Marcelo Vinicius Guicho, Lucas Morais Silveira y Fábio Steiner. (2013). Application methods of biostimulant on production of lettuce seedling. Journal of Agronomic Sciences, Umuarama, (.2), (2), p.40-45.

Bustamante-González, C. A., Vázquez-Osorio, Y., and Álvarez Morales, R. (2024). Effect of the Application Timing of VIUSID Agro ® on the Growth of Coffea arabica L. Seedlings. Agro Productividad. Disponible en: https://doi.org/10.32854/agrop.v17i12.2916

Callejas-Rodríguez, R. Rodrigo Reyes-Sánchez, Ismael Plácido-Tomielis e Hilario Flores-Gallardo. (2023). Métodos de evaluación de tiempo térmico para determinar fecha de plantación de papa para la agroindustria. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 46 (2): 127-135. Disponible en: https://doi.org/10.35196/rfm.2023.2.127.

Cargua, Ch, Jessica E; Orellana, C, Grace L; Cuenca, T, Anabel del Carmen; Galo A, Cedeño G, (2019). Eficacia de bioestimulantes sobre el crecimiento inicial de plantas de fréjol común *(Phaseolus vulgaris L.*) Revista ESPAMCIENCIA 10(1):14-22 ISSN:1390-8103 https://www.researchgate.net/publication/342872795

Castro-Lizazo, I., Alexander Calero Hurtado, Mayra G. Rodríguez Hernández Alberto Peláez Casas, Dariellys Martínez Balmori, Yanery Pérez Díaz. (2022). Potencialidades de dos bioestimulantes en la germinación y el crecimiento de las plántulas de tomate Cienc. Tecnol. Agropecuaria, 23(1): e2343. ISSN: 0122-8706 ISSNe: 2500-5308. Disponible en: https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num1_art:2343.

CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical. (2012). Guía técnica para el manejo de variedades de frijol. Ministerio de Agricultura y ganadería. 24 pp.

Díaz-Medina, A. Adriel Carrillo González, Claribel Suárez Pérez. (2023). Efecto de bioproductos sobre el desarrollo de posturas de café en vivero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas volumen (14)(4). 16 de mayo - 29 de junio. Disponible en: https://doi.org/10.29312/remexca.v14i4.3303.

Falcón, A.B., Costales, D., González, D., Morales, D., Mederos, Y., Jerez, E., Cabrera, J.C., (2017). Chitosans of different molecular weight enhance potato (Solanum tuberosum L.) yield at field trial, Vol. 15 https://doi.org/10.5424/sjar/2017151-9288.

Hernández, J.A., Pérez, J.J., Bosh, I.D. y Castro S.N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Ministerio de Educación Superior, Ministerio de la Agricultura. La Habana. Cuba. 91p. ISBN: 978-959-7023-77-7.

Kocira A, Lamorska J, Kornas R, Nowosad N, Tomaszewska M, Leszczynska D, Kozowicz K, Tabor S (2020) Changes in biochemistry and yield in response to biostimulants applied in bean (Phaseolus vulgaris L.). Agronomy 10: 189. DOI: 10.3390/agronomy10020189

López-Maya, Amanda. (2024). Acumulación de UC y su relación con la fenología del cultivo de frijol. Tesis para obtener el título de Ingeniería Agrícola. Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. Facultad de estudios superiores. Cantitlán. 46p.

Martínez-González, Lisbel. Yanelis Reyes Guerrero, Alejandro Falcón Rodríguez, María C. Nápoles García y Miriam de la C. Núñez Vázquez (2016). Efecto de productos bioactivos en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) biofertilizadas. Cultivos Tropicales. vol. 37, no. 3, pp. 165-171. Disponible en: http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1077.0165

Martínez-Sánchez, A., G. M. Ortega-Arias-Carbajal, G. González-Pardo, S. Armenteros-Galarraga, M. A. Peña-Martínez, S. Legrá-Mora, E. Carrera-Bocourt, Antonio Bell-García y G. Delgado-Arieta. (2017). Estudio de estabilidad del inóculo LB-1 del bioproducto Lebame. ICIDCA 51: 17-20.

MINAG (2017). Producción sostenible de frijol común en Cuba.

MINAG, (2014). Guía Técnica del cultivo de frijol común. Cuba. 12p.

Morales-Guevara D, Dell Amico-Rodríguez J, Jerez-Mompie E, Rodríguez-Hernández P, Álvarez-Bello I, Díaz-Hernández Y, et al. (2017). Efecto del Quitomax® ® (r) en plantas de frijol (Phaseolus vulgaris L.) sometidas a dos regímenes de riego. I. Crecimiento y rendimiento. *Cultivos*

Mutale-Joan, C., Redouane, B., Najib, E., Yassine, K., Lyamlouli, K., Laila, S., y Hicham, E. A. (2020). Screening of microalgae liquid extracts for their bio stimulant properties on plant growth, nutrient uptake and metabolite profile of Solanum lycopersicum L. Scientific Reports, 10(1), 1-12. https://doi.org/10.1038/s41598-020-59840-4.

Nápoles MC, Cabrera JC, Onderwater R, Wattiez R, Hernández I, Martínez L, et al. (2016) Señales producidas por *Rhizobium leguminosarum* en la interacción con frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Cultivos Tropicales 37(2):44-37. ISSN: 0258-5936.

Nendel, C., Rotter, R., Thorburn, P., Boote, K. & Ewert, F. (2019). Modelling cropping systems under climate variability and change: impacts, risk and adaptation. Agricultural systems, 159, 139-143. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/journal/agricultural-systems/special-issue/10KMQXWS77N

Peltonen-Sainio, P. et al. (2016). Spatial and temporal variation in weather events critical for boreal agriculture: IElevated temperatures. Agricultural and Food Science, 25(1), 44-56. Doi: 10.23986 / afsci.51465

Piao, S., Liu, Z., Wang, T., Peng, S., Ciais, P., Huang, M., Ahlstrom, A., Burkhart, J.F., Chevallier, F., Janssens, I.A. and Jeong, S.J. (2017). Weakening temperature control on the interannual variations of spring carbon uptake across northern lands. Nature Climate Change, 7(5): 359-363

Quintero-Rodríguez, Elieni., Alexander Calero Hurtado, Yanery Pérez Díaz y Lorettys Enríquez Gómez. (2018). Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. Centro Agrícola. vol.45 no.3. Santa Clara. jul.-set. versión On-line ISSN 0253-5785.

Ramírez, C. N., Cid, R. A., Reveles, H. M. (2019). Maduración de genotipos de frijol común medidas en unidades de calor en los sistemas de siembra. IV Congreso Internacional y XV Congreso Nacional sobre recursos bióticos de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo. Durango. México. 165 – 168pp.

Romero-Félix CS, Pellegaud-del Paso DF, Salas- Arellanes JA, Sauceda-Acosta RH, Buelna-Tarín S, López-Valenzuela BE (2023) Bioestimulantes en el crecimiento y rendimiento de Phaseolus vulgaris L. en el Norte de Sinaloa. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 10(2): e3650. DOI:10.19136/era. a10n2.3650

Rosales-Serna, R. Hilario Flores-Gallardo, Juan C. López-González, Juan E. Rubiños-Panta, Ixchel A. Ortiz-Sánchez, Héctor Flores-Magdaleno, Saúl Santana-Espinoza y Pablo A.

Domínguez-Martínez. (2021). Fenología y productividad del agua en variedades mejoradas de frijol pinto cultivadas en Durango, MÉXICO. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 44 (4): 511 - 519, 2021.

Ruiz, M. A. (2018). Las unidades de calor. Disponible en : https://semillastodoterreno.com/2018/11/lasunidadesdecalor#:~:text=La%20Unidades%20Calor%(UC)%20son,temperaturas20%adecuadas20%su%20desarrollo.

Sadras, V.; Ferreiro, M.; Gutheim, F. Y Kantolic, A. (2000). "Desarrollo fenológico y su respuesta a temperatura y fotoperíodo". Facultad de Ciencias Agrarias UNMP. Editorial Médica Panamericana S.A. Argentina. 29 – 36.

Silveira, H., et al. (2016). Impacts of water deficit in ecophysiological and spectral responses of coffee intercropped with woody species. Coffee Science, 11(3), 318-328. Doi: http://dx.doi.org/10.25186/cs.v11i3.1085

Sun, T., Hasegawa, T., Tang, L., Wang, W., Zhou, J., Liu, L., Liu,B., Cao, W. & Zhu, Y. (2018). Stage-dependent temperature sensitivity function predicts seed-setting rates under short-term extreme heat stress in rice. Agricultural and Forest Meteorology, 256-257(5), 196-206. Doi: https://doi.org/10.1016/ j. agrformet.2018.03.006

Szpunar KE (2022) Physiological response of pea (Pisum sativum L.) plants to foliar application of biostimulants. Agronomy 12: 3189. DOI: 10.3390/agronomy12123189

Tamayo-Aguilar, Y., P. Juárez-López, W. Capdevila-Bueno, J. Lescaille-Acosta y E. Terry-Alfonso. (2020). Bioproductos en el crecimiento y rendimiento de Phaseolus vulgaris L. var. Delicia 364. Terra Latinoamericana Número Especial 38-3: 667-678. Disponible en: DOI: https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.672.

Valero VNO, Chima MKA, Gómez GJA (2023) Efecto bioestimulante de una chalcona sintética sobre el frijol guajiro (Vigna unguiculata L. Walp). Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 21(2): 1-15.

Xue, D., Zhang, X., Lu, X., Chen, G., & Chen, Z. H. (2017). Molecular and evolutionary mechanisms of cuticular wax for plant drought tolerance. Frontiers in Plant Science, 8, 1-12. Disponible en: https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00621.

Morales, G.D., Dell´ Amico, R.J., Jerez, M.E., Díaz, H.Y y Martín, M.R., (2016). Efecto del QuitoMax® en el crecimiento y rendimiento del frijol (Phaseolus vulgaris L.) Cultivos.

Tropicales, Vol. 37, nº 1, p. 142 – 147. ISSN impreso: 0258-5936, ISSN digital: 1819 – 4087

Pedro K, Idania; Sánchez, B, Nilda Isabel; Francisco Zayas, S, E; Velázquez, E (2022). Efecto de los bioproductos EcoMic®, Azofert® y Quitomax® en frijol común (Phaseolus vulgaris l.) en la finca "Monserrate 2" REVISTA INCAING ISSN24489131(Marzo – Abril 2022) pp 56-65