

Respuesta fisiológica y agronómica del pimiento (*Capsicum annuum* L.) cv. Labrador a la aplicación de bioestimulantes

Julio César Terrero Soler ¹ , Luís Gustavo González Gómez ² , María Caridad Jiménez-Arteaga ² , Irisneisy Paz Martínez ² , Ofelda Peñuelas-Rubio , Leandris Argente-Martínez ^{3,*} 

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste: La Paz, Baja California Sur, México; Jctsoler@gmail.com

² Universidad de Granma. Carretera Bayamo-Manzanillo km 17. 851003 Bayamo, Granma, Cuba.;

³ Tecnológico Nacional de México/IT Valle del Yaqui, Bâcun, Sonora, México;

* Correspondiente: oleinismora@gmail.com

Recibió: 02/10/2022

Aceito: 22/02/2024

Publicado: 08/03/2024

Editor Principal

Bruno Rodrigues de Oliveira

Resumen: El trabajo se desarrolló en la Unidad Estatal Básica de casas de cultivo “La Pupa”, de la provincia Granma, Cuba, sobre un suelo fluvisol en el periodo septiembre- diciembre del 2021. El objetivo fue evaluar el efecto de tres bioproductos en el cultivo del pimiento variedad Labrador. Se conformaron cuatro tratamientos cada uno con 112 plantas y cuatro repeticiones, en un diseño experimental completamente aleatorizado. Los tratamientos consistieron en la aplicación de diferentes dosis de cuatro biostimulantes: T1: Aplicación de Ácido Piroleñoso, T2: Aplicación del Quitomax®; T3: Aplicación del Pectimorf®, T4.-Tratamiento control. Se evaluaron las variables fisiológicas fluorescencia de origen (Fo), fluorescencia máxima (Fm), la relación fluorescencia variable y fluorescencia máxima (Fv/Fm) y el tiempo para alcanzar la máxima intensidad de fluorescencia. Además, fueron evaluadas las variables reproductivas: número de flores, número de frutos por plantas, longitud de los frutos, ancho de los frutos, masa de los frutos y se calculó además el rendimiento. A los datos tomados se le aplicó un análisis de varianza y comparación de medias por la prueba de Tukey a una probabilidad de error al 5 %. El mejor resultado para rendimiento se obtuvo al aplicar Ácido Piroleñoso, seguido por Quitomax® y Pectimorf® con promedios de 9,47, 9,1 y 8,57 kg m⁻², respectivamente, con incrementos de más del 10% en el diámetro y longitud de los frutos en las primeras tres cosechas. Los resultados evidencian el efecto benéfico que el Ácido Piroleñoso tiene como bioestimulante y como su uso en la agricultura puede ser potenciado.

Palabras clave: Bioproductos, fluorescencia, rendimiento.



Copyright: © 2023. Creative Commons Attribution license: [CC BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Para cita: Soler, J. C.; Gómez, L. G.; Jiménez-Arteaga, M. C.; Martínez, I. P.; Peñuelas-Rubio, O.; Martínez, L. A. (2024). Respuesta fisiológica y agronómica del pimiento (*Capsicum annuum* L.) cv. Labrador a la aplicación de bioestimulantes. Trends in Agricultural and Environmental Sciences, (e240002), DOI: 10.46420/TAES.e240002



1. Introducción

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) pertenece a la familia de las Solanáceas, es originario de México, Bolivia y Perú (Bosland et al. 2012). Este producto hortícola posee un alto valor nutricional en cuanto a vitamina A y C, también forma parte de la dieta diaria. Existe gran demanda por parte de los consumidores y cada día se va incorporando más en la dieta alimenticia (Sánchez, 2021).

Un sistema de producción de alta productividad son las casas de cultivo protegido, que ofrece una vía promisoriosa para lograr esta meta. Sin embargo, para alcanzar una producción sostenible y satisfacer la demanda de hortalizas frescas, se necesita incrementar el rendimiento, y además se deben disminuir las aplicaciones de insumos agrícolas contaminantes del ambiente y que encarecen la producción (Reyes & Cortes, 2017).

La búsqueda de nuevas alternativas que ayuden a disminuir los costos de la producción agrícola cuidando el medio ambiente, obliga a estudiar la posibilidad de utilizar el potencial que tienen los bioproductos para las plantas. Estos compuestos orgánicos cuando se aplican a las plantas o a la rizosfera, coadyuvan a la mejora del desarrollo del cultivo, el vigor, el rendimiento y la calidad, mediante la estimulación de procesos naturales que benefician el crecimiento y las respuestas a estrés biótico y abiótico (Brown & Saa, 2015).

El Pectimorf® se reconoce como un nuevo biorregulador de origen cubano, obtenido a partir de residuos de la industria citrícola. Su principio activo es una mezcla de oligosacáridos de origen péptico. La capacidad del Pectimorf® para inducir y desarrollar el enraizamiento e incrementar de forma notable el desarrollo y vigor de las plantas “*in vitro*” de los diferentes cultivos, lo validan como una alternativa promisoría en la biotecnología vegetal (Posada et al., 2016).

El Quitomax® es un bioestimulante desarrollado en Cuba que contiene quitosano como principio activo. Es una formulación líquida que ha mostrado una acción estimuladora en la germinación de semillas y el crecimiento de distintos cultivos mediante la aceleración del metabolismo vegetal como es el tomate (Gómez et al., 2023).

El aceite pirolítico o Ácido Piroleñoso o vinagre de madera es un líquido que se obtiene de la destilación seca de la madera. Está integrado por un 80 a 90% de agua y muchos compuestos orgánicos; entre ellos, el ácido acético y el alcohol metílico (Henreaux, 2012) indica que el ácido piroleñoso, conocido como vinagre de madera se utiliza con múltiples propósitos: en el mejoramiento de la calidad del suelo, como enraizador y como fertilizante foliar (Soler et al. 2023).

Algunos bioestimulantes promueven la eficiencia del aparato fotosintético e incrementan el NDVI (Pérez-López et al., 2024). Sin embargo, en el cultivo del pimiento no existen reportes sobre su contribución al incremento de la fluorescencia de inicio y máxima ni a las relaciones entre la fluorescencia variable y máxima. Tampoco se tienen reportes sobre el tiempo de máxima fluorescencia. Su estudio detallado constituye una novedad científica para ampliar los conocimientos de los efectos de algunos bioestimulantes relacionados con la eficiencia del aparato fotosintético, específicamente del pimiento.

Teniendo en cuenta la importancia de los bioestimulantes en el desarrollo vegetal, se desarrolló una investigación con el objetivo de evaluar el efecto del Pectimorf, Quitomax y Ácido Piroleñoso en el desarrollo y rendimiento del pimiento, variedad Labrador, cultivado en condiciones de casa de cultivo.

2. Material y métodos

El trabajo se desarrolló en la UEB de casas de cultivo “La Pupa”, perteneciente al Ministerio de la Agricultura de la provincia de Granma, Cuba, sobre un suelo Fluvisol (Hernández-Jiménez, et al. 2019) en el periodo septiembre- diciembre del 2021.

Las características de este suelo se muestran a continuación en el Tabla 1.

Tabla 1. Análisis químico de suelo.

Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	P-asim. (ppm)	MO (%)	Cationes cambiables (cmol(+) kg ⁻¹)				CCB (cmol(+)kg ⁻¹)
				Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	
0-30	6,3	155	3,42	0,19	0,51	2,08	15,78	18,48

P-asim., Fosforo asimilable; MO, Materia orgánica; CCB, Capacidad de cambio catiónico.

Las precipitaciones en esta región, aunque se cultiva en condiciones de casa de cultivo flucturaron entre los 554 y 632 mm. Las temperaturas promedio, estuvieron entre los 25 y 32°C. La humedad relativa promedio fue de 70 %, las que fueron favorables para el desarrollo del

experimento. Los canteros se conformaron a una longitud de 40 m de largo y 1,20 m de ancho, separados 1 m. El trasplante se hizo con una distancia de 30 cm entre plantas y a simple hilera (cantero).

2.1 Tratamientos y diseño experimental

Se conformaron los siguientes tratamientos.

1.- T1: Aplicación de Ácido Piroleñoso de manera foliar a los 12 días después del trasplante (DDT) dosis de 17 mL L⁻¹ de agua por planta y cada 7 días de la primera aplicación hasta el inicio de la floración.

2.- T2: Aplicación del Quitomax[®] en el inicio de floración de manera foliar en dosis de 300 mg ha⁻¹.

3.- T3: Aplicación del Pectimorf[®] en el inicio de floración de manera foliar en dosis de 150 mg ha⁻¹.

4.- T4: Tratamiento control. A partir de los 12 días después del trasplante se asperjó agua de calidad.

El diseño experimental empleado fue completamente aleatorizado con cuatro repeticiones, ocupando en cada tratamiento un cantero con 112 plantas, cada uno.

2.2 Variables evaluadas

En horas tempranas (10:00 h-11:30 h) se colocaron un total de 15 presillas por tratamientos en las hojas centrales de 15 plantas seleccionadas aleatoriamente. Esta acción se realizó 15 minutos antes de comenzar las lecturas usando el equipo de fluorescencia portátil Handy P.E.A. Se midieron las variables: Fluorescencia de origen (Fo) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), Fluorescencia máxima (Fm), ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), Relación fluorescencia variable y fluorescencia máxima (Fv/Fm); y Tiempo (en ms) para alcanzar la máxima intensidad de fluorescencia (TFm).

Número de flores: Se realizó un conteo de las flores al inicio de floración (NFl), cuando el 25% de las plantas tenían flores, a los 15 días posteriores (NFl1), floración masiva (más del 50% de las plantas con flores) y al inicio de la fructificación (NFl2).

Número de frutos por plantas: Se contabilizaron los frutos de las plantas en el inicio de la fructificación (NFr), cuando el 25% de las plantas tenían frutos, al inicio de la fructificación masiva (NFr1), cuando más del 50% de las plantas tenían frutos y al inicio de cosecha (NFr2).

De los frutos cosechados en las cuatro cosechas se seleccionaron 30 aleatoriamente y se le realizaron las siguientes mediciones:

-Longitud de los frutos (cm): En las cuatro (4) cosechas realizadas, se midió el fruto desde su inserción al pedúnculo hasta su parte extrema o parte basal. (LFr por cosecha) con un vernier.

-Ancho de los frutos (cm): En las cuatro (4) cosechas realizadas, se midió el fruto por su parte ecuatorial con un vernier. (AFr por cosecha).

-Masa de los frutos (g): Con una balanza analítica se pesaron los frutos de las 4 cosechas realizadas (MFr por cosecha).

-Rendimiento (kg m⁻²): Se determinó el rendimiento en base al número de plantas por m², el número de frutos por plantas y la masa promedio de los frutos de las cosechas realizadas.

2.3 Análisis estadísticos

A los datos obtenidos en el experimento se le verificó el cumplimiento de los supuestos teóricos de normalidad, por la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov, y de homogeneidad de varianza por la prueba de Bartlett. Se aplicaron análisis de varianza de clasificación simple y cuando existieron diferencias significativas entre los tratamientos se usó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey a una probabilidad de error al 5 % ($p \leq 0,05$). El procesamiento se desarrolló con el paquete estadístico “*STATISTICA*”, versión 10,0 para Windows.

3. Resultados y discusión

En la Tabla 2 se observa que a pesar de que en los dos momentos de medición no existió diferencias significativas entre los tratamientos. Hubo un ligero incremento en la fluorescencia inicial (F_o) al inicio de la cosecha comparado con el inicio de floración excepto en el tratamiento control donde existió una disminución en los valores absolutos de este indicador.

Tabla 2. Comportamiento de la fluorescencia de origen (F_o , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) al inicio de floración y cosecha.

Tratamientos	Fo al inicio de floración	Fo al inicio de cosecha
T1- Ácido Piroleñoso	16,97	17,02
T2 - Pectimorf®	16,95	16,96
T3 - Quitomax®	16,94	17,11
Control	16,94	16,70
EE	0,28	0,46

Ausencia de letra común no existe diferencias significativas por la prueba de Tukey para ($p > 0,05$) EE: error estándar de la media de los tratamientos.

Ospina (2019) señala con respecto a la fluorescencia de la clorofila a, que cuando se registran valores más altos para la fluorescencia inicial (F_o) y para fluorescencia máxima (F_m) en las plantas, se debe al mayor contenido de clorofila en ella. Como se observa en la Table 2 la aplicación de bioproductos no ocasiona cambios significativos en el cultivo del pimiento en los dos momentos evaluados con relación a este indicador.

González et al. (2008) plantean que es el valor mínimo de la fluorescencia (F_o) aparece alrededor de los 50 μs y en ese momento todos los centros de reacción están oxidados "abiertos". El tiempo en el que se alcanza este valor depende del protocolo experimental, aunque en condiciones fisiológicas normales se alcanza en alrededor de 1s. En este momento todos los centros de reacción están reducidos "cerrados", por ello se tomaron las medidas para realizar las mediciones de este trabajo en el menor tiempo posible.

Con relación a la fluorescencia máxima (Tabla 3), no existió diferencias significativas entre los tratamientos aplicados en los dos momentos donde se realizaron las mediciones y a diferencia de la F_o , la tendencia fue a disminuir entre los dos momentos, excepto en el tratamiento control donde hubo un ligero aumento en el valor absoluto de este tratamiento.

La relación entre la fluorescencia variable y la fluorescencia máxima se observa en el Tabla 3, donde al inicio de la floración fue mayor en valores absolutos en los tratamientos donde se aplicaron los bioproductos al compararlo con el tratamiento control, pero solo existió diferencias significativas entre el tratamiento donde se aplicó Quitomax® y el tratamiento control. Para esta misma variable en el momento del inicio de la cosecha, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

La aplicación del Quitomax® beneficia el proceso fotosintético, del aumento de la calidad nutricional y de la acción antioxidante de especies hortícolas Enríquez et al. (2018), en este trabajo se observa que donde se aplicó este polímero se obtuvo un valor superior al tratamiento control, evidenciándose el efecto antes mencionado.

Tabla 3. Comportamiento de la fluorescencia máxima (Fm) y relación entre la fluorescencia variable y fluorescencia máxima (Fv/Fm) al inicio de floración y cosecha ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Tratamientos	Fm		Fv/Fm	
	al inicio de floración	al inicio de cosecha	al inicio de floración	al inicio de cosecha
T1- Ácido Piroleñoso	39,74	39,24	0,817 ab	0,811
T2 - Pectimorf®	39,64	39,37	0,815 ab	0,817
T3 - Quitomax®	40,63	39,77	0,825 a	0,816
Control	37,80	38,83	0,796 b	0,814
EE	0,32	0,33	0,004	0,001

Ausencia de letra común no existe diferencias significativas por la prueba de Tukey para ($p > 0,05$) EE: error estándar de la media de los tratamientos.

La relación Fv/Fm es una estimación de la eficiencia cuántica máxima de la actividad fotoquímica del PSII (sistema fotosintético II) comenta Maxwell y Johnson (2009), es por ello que los valores obtenidos en ambas etapas no sufren prácticamente variaciones, demostrando que todos los procesos fisiológicos de las plantas en ambas etapas se desarrollan normalmente sin síntomas de estrés o carencias de agua o nutrientes.

Teniendo en cuenta que una disminución en la relación Fv/Fm indica una reducción en la eficiencia fotoquímica del PSII y una perturbación o daños en el aparato fotosintético, esta relación ha sido empleada para detectar perturbaciones en el sistema fotosintético causadas por el estrés salino como refieren Glynn et al. (2003) lo que refuerza la hipótesis anterior planteada de que no hubo padecimiento de las plantas de este experimento por salinidad.

Varios autores reportan que, en girasol, la relación Fv/Fm está entre 0,7 y 0,85 y que bajo condiciones estrés antes esta relación disminuye Akram et al. (2012) y Neto et al. (2011), los valores obtenidos en este trabajo en los dos momentos se encuentran dentro de este rango, lo que demostró el buen estado nutricional y ausencia de estrés en todos los tratamientos evaluados.

Estudios realizados por Pestana et al. (2005) en naranjo han mostrado que un descenso en los valores de Fm y de la relación Fv/Fm a medida que se acentúa la clorosis férrica o la variedad es más sensible. Bavaresco et al. (2010) en vid y Morales et al. (2000) en peral observaron que la relación Fv/Fm era menor en hojas cloróticas que en hojas sanas, este efecto mencionado por estos autores no se manifestó en esta experiencia. A diferencia de los trabajos realizados por Ospina (2019) en este caso, la relación Fv/Fm presentó diferencias significativas entre ellas al inicio de floración.

Finalmente, cuando hay presencia de estrés hídrico, se observa que el parámetro fotosintético más sensible ante la disminución en la disponibilidad de agua es la relación Fv/Fm. Si se comparan los resultados entre las plantas, la capacidad fotosintética se ve más afectada según Ospina (2019), en este caso en el primer momento donde se aplicaron los bioproductos presentaron mejor capacidad fotosintética sobre todo en el tratamiento con Quitomax®.

3.1 Variables morfológicas y reproductivas

Al evaluar el número de flores por plantas desde el inicio de la floración a la fase de floración masiva, se observa, en el Tabla 4, que en la primera medición hay diferencias significativas entre las plantas que fueron tratadas con los bioproductos con relación a las plantas del tratamiento control y en entre los tres tratamientos que aplicaron los bioproductos no hay diferencias significativas entre ellos.

Tabla 4. Comportamiento del número de flores por plantas desde el inicio de la floración a la floración masiva en las cosechas 1 y 2 (NFI1 y NF2, respectivamente).

Tratamientos	NFI	NFI1	NFI2
T1- Ácido Piroleñoso	4,40 a	26,40 a	19,70 ab
T2 - Pectimorf®	3,60 ab	27,50 a	19,60 ab
T3 - Quitomax®	3,60 ab	26,50 a	21,10 a
Control	3,00 b	20,40 b	17,40 b
EE	0,35	0,97	0,83

Medias con una letra común no son significativamente diferentes por la prueba de Tukey ($p > 0,05$) EE: error estándar de la media de los tratamientos.

Ya en la segunda medición a los 15 días de haber aplicado Pectimorf® y Quitomax® existió diferencia significativa entre los tratamientos donde se aplicó Pectimorf®, Quitomax® y Ácido Piroleñoso con el tratamiento control. En la tercera medición no existió diferencias significativas entre los tratamientos donde se aplicó Pectimorf®, Ácido Piroleñoso y el tratamiento control, pero si donde se aplicó Quitomax® y el tratamiento control (Tabla 4).

Espín (2020) reportó el efecto beneficioso del Ácido Piroleñoso sobre la floración en el cultivo del pimiento, con valores entre 5,33 y 6,33 flores por plantas al inicio de la floración en su trabajo, valores que son superiores a los obtenidos en este en la primera medición, pero luego los valores obtenidos en las dos mediciones de la floración masiva de este trabajo (NFI1 y NFI2) son superiores a los valores reportados por este autor (Tabla 4).

Moreno et al. (2019) reporta que a medida que transcurren los días desde inicio de floración hasta la floración masiva hay un incremento del número de flores en este cultivo, hasta que comienza el periodo de fructificación en que disminuye, producto del cuajado de los frutos, similar comportamiento se manifestó en esta investigación, esta autora reporta valores entre 2,27 y 5,3 flores por plantas en el pimiento LPD-5, valores que están por debajo de lo obtenido en este experimento.

En la Tabla 5 se muestra que al evaluar el número de frutos por plantas en el inicio de la fructificación (NFr), el mejor resultado se obtiene donde se aplicó Quitomax® con diferencias significativas con el resto de los tratamientos. No existieron diferencias significativas entre los tratamientos donde se aplicó Pectimorf® y Ácido Piroleñoso y estos dos últimos difieren del tratamiento control.

Tabla 5. Comportamiento del número de frutos por plantas en el inicio de la fructificación (NFr) y en a la fructificación masiva 1 y 2. Longitud de los frutos al inicio de la cosecha (LFr1) y en las cosechas 2, 3 y 4).

Tratamientos	Número de frutos por planta			Longitud de los frutos			
	NFr	NFr1	NFr2	LFr 1	LFr 2	LFr 3	LFr 4
T1- Ácido Piroleñoso	4,40 b	17,20 a	17,30 a	10,95 a	10,99 a	10,95 a	11,32 a
T2 - Pectimorf®	3,20 b	15,60 a	15,50 a	10,75 ab	11,00 a	10,75 ab	11,28 a
T3 - Quitomax®	6,40 a	15,70 a	16,10 a	10,92 a	11,02 a	10,92 a	11,36 a
Control	2,60 c	12,20 b	11,80 b	10,00 b	10,21 b	10,00 b	10,29 b
EE	0,28	0,52	0,72	0,22	0,21	0,22	0,17

Medias con una letra común no son significativamente diferentes por la prueba de Tukey ($p > 0,05$) EE: error estándar de la media de los tratamientos.

Con relación a la segunda y tercera medición los tres tratamientos donde se aplicaron los bioproductos difieren del tratamiento control, evidenciándose el efecto positivo de estos sobre la variable evaluada.

Soler et al. (2023) al evaluar combinaciones híbridas para cultivos protegido de pimientos en Cuba reportan valores entre 5 y 15 frutos por plantas, en las tres últimas evaluaciones, al inicio de fructificación, excepto el tratamiento con Quitomax® están por debajo de este rango y en las siguientes mediciones el tratamiento con Ácido Piroleñoso supera estos valores, al igual que el tratamiento con Quitomax® en la tercera medición.

Estos resultados son superiores a los obtenidos por Mendoza (2016) quien obtuvo un promedio de 12 frutos planta⁻¹, es posible que estos resultados se hayan dado porque el Ácido Piroleñoso aporta fósforo a la planta tal como lo menciona, manifiesta que el fósforo favorece la floración, fructificación además promueve la rápida formación y crecimiento de las raíces, mejora la calidad de frutos, efecto evidenciado en este trabajo.

Al evaluar la longitud de los frutos por cosechas realizadas (Tabla 5) se observa que los valores más bajos fueron reportados en el tratamiento control en las cuatro cosechas realizadas. Estos valores no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos donde se aplicaron los bioproductos y estos difieren del tratamiento control, excepto el tratamiento donde se aplicó Pectimorf en la primera y tercera cosecha. Por su parte, INTER SEDES (2017) al evaluar 13 genotipos de pimiento reporta valores desde 7,78 a 13,7 cm de longitud de los frutos, todos los tratamientos de este experimento están dentro de este rango. Estos valores son similares a los obtenidos por Coello (2022) quien en su investigación obtuvo un promedio máximo de 11,20 cm de longitud de los frutos.

En pimientos con frutos de forma rectangular, al utilizar una densidad de siembra entre 1,56 – 3,57 plantas m⁻², se reporta que la longitud del fruto puede variar entre 6,73 y 20,90 cm (Mahmoud & El-Eslamboly, 2015). En la presente investigación se utilizó un pimiento con características de forma rectangular y con una densidad de plantación de 3 plantas m⁻², condiciones similares a las referidas por estos autores. Cabe señalar que el rango obtenido en los tratamientos aplicados fue desde 10,54 cm de longitud de los frutos en el tratamiento control hasta 11,36 cm obtenido en el tratamiento donde se aplicó Quitomax®.

Con relación al ancho de los frutos (Tabla 6) existió un comportamiento similar al de la longitud de los frutos, donde los tres bioproductos aplicados tuvieron la tendencia de separarse significativamente del tratamiento control en las cuatro cosechas realizadas y no existió diferencias significativas entre ellos.

Tabla 6. Comportamiento del ancho de los frutos (AFr, cm) y la masa de los frutos (MFr, g) en las cosechas 1, 2, 3 y 4.

Tratamientos	Ancho de los frutos				Masa de los frutos			
	AFr1	AFr2	AFr 3	AFr 4	MFr1	MFr2	MFr3	MFr4
T1-Ácido Piroleñoso	7,83 a	8,08 a	7,83 a	8,28 a	114,50	123,00 a	131,00 b	117,50 b
T2 - Pectimorf®	7,69 a	7,72 ab	7,69 a	8,01 a	112,90	109,00 ab	121,00 c	120,00 b
T3 - Quitomax®	7,84 a	8,19 a	7,84 a	8,35 a	125,50 a	119,00 a	135,00 a	133,50 a
Control	6,61 b	7,24 b	6,61 b	7,39 b	88,50 b	89,80 b	108,00 d	103,10 c
EE	0,17	0,13	0,17	0,11	1,24	1,13	0,76	0,93

Medias con una letra común no son significativamente diferentes por la prueba de Tukey ($p > 0,05$), EE: error estándar de la media de los tratamientos.

Coello (2022) en su investigación en esta variable alcanzó frutos con valores de 4,19 cm de diámetro y Zambrano (2009) reportó valores de 4,06 cm, ambos con la aplicación de Ácido Piroleñoso en el cultivo del pimiento, sin diferencias significativas con el tratamiento control, en este caso si existió diferencias significativas con el tratamiento control. Se puede agregar que los valores de esta experiencia superan a los mencionados por estos autores.

Por otro lado, Serrano (2011) refiere que el diámetro de los frutos para ser considerados de primera categoría no debe ser inferior a 5,5 cm, valores que se logran en todas las cosechas de los tratamientos evaluados.

Grewal et al. (2018) mencionan que el Ácido Piroleñoso estimula el crecimiento celular al actuar como un catalizador para el crecimiento de varios microorganismos y en la activación enzimática, siendo estos aspectos claves para varios procesos fisiológicos de las plantas. Sin embargo, también se ha reportado que su aplicación puede tener un efecto negativo disminuyendo el diámetro del tallo y la altura de la planta de maíz e inhibiendo la germinación del frijol (Núñez, 2021). La composición del Ácido Piroleñoso estará influenciada por el material

del origen, por lo que su efecto podrá ser variable en cada cultivo incluyendo la calidad de los frutos.

De acuerdo a lo observado en la Tabla 6, donde se expresan los valores de la masa de los frutos (MFr) por cada cosecha, en las cosechas realizadas se obtienen los valores más bajos en el tratamiento control y existió la tendencia de que fueran más altos en el tratamiento donde se aplicó Quitomax®.

Analizando los resultados por cosecha realizada, en la primera no existieron diferencias significativas entre los tratamientos donde se aplicaron los bioproductos (Tabla 6). En la segunda sucede algo parecido y en la tercera y cuarta ya la diferencia entre los tratamientos se hace más pronunciado con destaque para el tratamiento con Quitomax®, seguido del tratamiento con Ácido Piroleñoso, Pectimorf® y tratamiento control en orden descendente.

Espín (2020) al aplicar Ácido Piroleñoso, reportó que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos donde aplicó tres dosis de este bioproducto con relación al tratamiento control., en este caso si existieron diferencias entre estos tratamientos

Guato (2017) al evaluar tres híbridos en casa de cultivo obtuvo valores desde 228,7 a 320 g en cuanto a la masa de los frutos, lo que son superiores a lo logrado en este experimento, diferencia que le atribuimos a las características de los cultivares empleados en cada experiencia.

Reche (2010) plantea que en condiciones de invernadero el pimiento puede alcanzar una masa de hasta 300 g, los del tipo Italiano entre 75 a 120 g y tipo California entre 150 a 200 g. Estos frutos suelen ser de mayor peso en las primeras cosechas y disminuye en las sucesivas. Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran una tendencia ser mayores que los del tipo italiano y menor que los del tipo California, destacando que este indicador se incrementó hasta la tercera y disminuyó en la cuarta cosecha en los dos genotipos evaluados.

Bajo tales condiciones podría atribuirse que los ingredientes activos de Quitomax® indujeron metabólicamente al vegetal para cubrir la carencia, que finalmente se expresó, en la formación de biomasa que fue lo representativo en estos caracteres de diámetro de frutos y rendimiento según Summer Zone (2010), los híbridos obtenidos por primera vez en Cuba, fueron evaluados en dos períodos de siembra (2011-2012) destacándose por sus rendimiento el híbrido número 5 en el período de primavera – verano con 3,73 kg planta⁻¹ y 8,44 kg m² y el híbrido número 2 en el período de invierno con 1,6 kg planta⁻¹ y 4,0 kg m² respectivamente (Rodríguez et al., 2014), estos valores son inferiores a los obtenidos en esta investigación, donde se aplicaron los bioproductos.

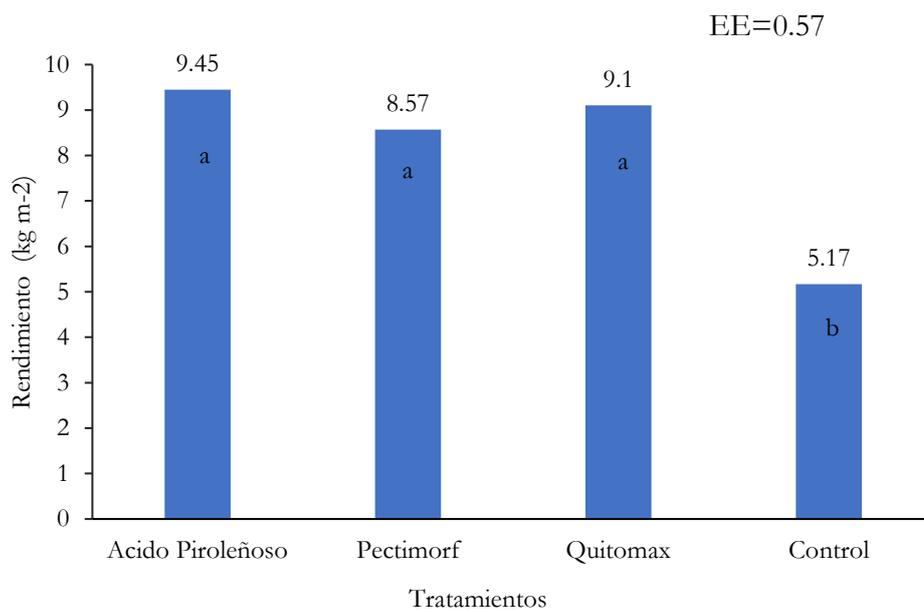


Figura 1. Rendimiento obtenido en el cultivo del pimiento (kg m⁻²) en los tratamientos establecidos. EE: error estándar de la media de los tratamientos. Letras iguales no difieren significativamente por la prueba de Tukey para $p > 0,05$.

Alemán et al. (2018) obtuvieron rendimientos agrícolas de 4,9 a 6,4 kg m⁻² en este cultivo, estos son aceptables para el pimiento en condiciones de casa de cultivo. Nuestros resultados fueron superiores a los obtenidos por Casanovas et al. (2007) en pimiento híbrido Nathalie cosechado a los 100 días después del trasplante (DDT) que fueron de 7,0 kg m⁻² en sistema convencional y de 9,0 kg m⁻² en casas de cultivo.

Moreno et al. (2019) reportan rendimiento individual de 1,92 kg por planta y 11,5 kg m⁻² al evaluar tres bioproductos y sus combinaciones entre los que se incluyen Pectimorf® y Quitomax® en el híbrido LPD-5 en casas de cultivo en Veguitas, los cuales son superiores a los reportados en este trabajo y a los resultados de los autores citados anteriormente.

Ming et al. (2018) mencionan que el Ácido Piroleñoso actúa como una prometedora enmienda para mejorar el suelo debido a que contiene múltiples beneficios para la producción agrícola, estimula el crecimiento de las plantas, acelera la velocidad de germinación de las semillas, mejorar la acidez del suelo, apoya en la absorción de nutrientes por las plantas, mejora la cosecha de los productos, inhibe el desarrollo de patógenos como hongos de plantas y actúa como fertilizante orgánico, efectos que se hicieron visible en este trabajo al obtener mayor rendimiento que el resto de los tratamientos.

Los valores que se logran en los tratamientos Ácido Piroleñoso y Quitomax®, coinciden en lo señalado por Benítez et al. (2023). al plantear que los bioproductos aplicados a los cultivos alcanzan cada vez mayor importancia desde el punto de vista económico y ecológico. No obstante, debe considerarse que los mismos actúan como estimuladores o reguladores del crecimiento de las plantas como se demostró en este trabajo.

Núñez (2021) concluye que bajo las condiciones en las que realizó el experimento, la aplicación de Ácido Piroleñoso no ejerce un efecto positivo sobre el rendimiento promedio, número total de frutos por planta y diámetro ecuatorial. Sin embargo, el sistema de producción convencional favorece el peso promedio del fruto y al diámetro longitudinal, al aplicar diferentes dosis del Ácido Piroleñoso al cultivo del pimiento del tipo California, este último efecto se puso de manifiesto en la variedad labrador, evaluada en este trabajo.

4. Conclusiones

Los bioestimulantes evaluados no generaron variación significativa en las variables relacionadas con el aparato fosotinstético (Fo y FM) pero sí en la relación entre la fluorescencia variable y fluorescencia máxima (Fv/Fm) al inicio de floración y cosecha, donde el mayor efecto se encontró cuando se usó el Ácido Piroleñoso. Este mismo compuesto orgánico indujo mayor cantidad de flores, longitud y diámetro de los frutos y por consiguiente, mayor rendimiento agrícola (9,47 kg m⁻²), seguido por el Quitomax[®] y Pectimorf[®] (9,1 y 8,57 kg m⁻², respectivamente).

5. Referencias

- Akram, N. A., Ashraf, M., & Al-Qurainy, F. (2012). Aminolevulinic acid-induced changes in some key physiological attributes and activities of antioxidant enzymes in sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants under saline regimes. *Sci. Hortic.* 142, 143-148. Doi: 10.1016/j.scienta.2012.05.007
- Alemán Pérez, R., Demesio, R., Dominguez, J., & Rodríguez, G. (2018). Indicadores morfofisiológicos y productivos del pimiento sembrado en invernadero y a campo abierto en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana. *Centro Agrícola*, 45(1), 14-23.
- Bavaresco, I., Gatti, M., & Fregoni, M. (2010). Nutritional deficiencies. In *Methodologies and results in grapevine research*; Springer: Berlin, Germany, pp.165-191
- Benítez, M. S., Gómez, L. G. G., & Fabrè, T. B. (2023). Evaluación de tres bioproductos en dos cultivos (Solanaceas) en condiciones de casa de cultivo (Original). *Redel. Revista Granmense de Desarrollo Local*, 7(1), 280-296.
- Bosland, P. W., Votava, E. J., & Votava, E. M. (2012). *Peppers: vegetable and spice capsicums*. 22, Second Edition, CABI Publishing. E.U. Page: 1-230. Doi: 10.1079/9781845938253.0000.
- Brown, P., & Saa, S. (2015). Biostimulants in agriculture. Mini-Review. *Front. Plant Sci.*, 6(671), 1-3. doi:10.3389/fpls.2015.00671.
- Casanova, A., Gómez, O., Pupo, R., Hernández M., Moreno, V., Depestre, T., & Hernández, J.C. (2007). *Manual para la producción protegida de hortalizas*. Ed. Liliانا, La Habana, Cuba., 116 p.
- Coello, D. (2022). Manejo de pulgones transmisores de enfermedades virales en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), en la zona de Vincés. Recuperado el 18 de Julio de 2022, de Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/3123>
- Enríquez, E.A., Reyes J.J., Ramírez, M.Á., Rodríguez, A.T., & Falcón-Rodríguez, A.B. (2018). Aplicación de Quitomax[®] en el cultivo de tomate (*S. lycopersicum* L.) y evaluación de su efecto en el rendimiento y el valor nutricional. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, Vol 35..
- Espín, D. (2020). Evaluación de diferentes dosis de ácido piroleñoso para el control de las principales plagas en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.). Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica Estatal De Quevedo Facultad Ciencias Agrarias Carrera Ingeniería Agronómica. p-74
- Glynn, P., Fraser, C., & Gillian, A. (2003). Foliar salt tolerance of Acer genotypes using chlorophyll fluorescence. *J. Arboriculture*, 29(02), 61-65.
- Gómez, L. G., Arteaga, M. C., Martínez, I. P., Fabre, T. B., Rodríguez, A. F., & Argente-Martínez, L (2023). Evaluación de productos bioactivos en el cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de casa de cultivo. *Trends in Agricultural and Environmental Sciences*, (e230002), DOI: 10.46420/TAES.e230002
- González Moreno, S., Perales Vela, H., & Salcedo Álvarez, M. (2008). La fluorescencia de la clorofila a como herramienta en la investigación de efectos tóxicos en el aparato fotosintético de plantas y algas revista de educación bioquímica, 27(4), 119-129.
- Grewal, A., Abbey, L., & Gunupuru, L. (2018). Production, prospects and potential application of pyrolygneous acid in agriculture. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 135, 152–159. DOI: 10.1016/j.jaap.2018.09.008

Guato Caiza, M. J. (2017). Evaluación del rendimiento de tres híbridos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) a las condiciones agroclimáticas de la comunidad la Clementina, parroquia Pelileo, cantón Pelileo, provincia de Tungurahua. (Tesis Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Ambato, Ceballos Ecuador). <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/249> 96.

Henreaux, J. (2012). Efecto del biocarbón combinado con fertilizantes orgánicos y microorganismos benéficos sobre el desarrollo, productividad y resistencia de las plantas, Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Escuela de posgrado. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A8947e/A8947e.pdf>. Fecha de consulta: 7/12/2022

Hernández-Jiménez, A., Pérez-Jiménez, J. M., Bosch-Infante, D., & Speck, N. C. (2019). La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*, 40(1).

INTER SEDES (2017). Caracterización morfológica de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica., 18(37).

Mahmoud, A. M. A., & El-Eslamboly, A. A. S. A. (2015). Production and evaluation of high yielding sweet pepper hybrids under greenhouse conditions. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 15(4), 573-58.

Maxwell, K., & Johnson, G. N. (2009). Chlorophyll fluorescence. A practical guide. *J Exp Bot*, 51, 659-668

Mendoza, G. (2016). Evaluación del comportamiento de nueve híbridos de Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.) en alta tecnología High Tech, como respuesta a rendimiento y calidad de fruto. (Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Agronomía. Departamento de Horticultura. Saltillo, Coahuila, México, 72 p). <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/8204>

Ming, L., Bingjie, L., & Xiao, W. (2018). Effect of adding wood vinegar on cucumber (*Cucumis sativus* L.) seed germination IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 128 doi :10.1088/1755-1315/128/1/012186

Morales, F., Belkhdja, R., Abadía, A., & Abadía, J. (2000). Photosystem II efficiency and mechanisms of energy dissipation in iron-deficient, field-grown pear trees (*Pyrus communis* L.). *Photosynth. Res.*, 63, 9-21.

Moreno Rodríguez, L., González Gómez, G., & Jiménez Arteaga, M. C. (2019). Evaluación de productos bioactivos en semilleros en bandejas en el cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) (Original). *Redel. Revista Granmense De Desarrollo Local*, 3(2), 220-230.

Neto, A. D. A., P., Amorim, Pereira, D., & Conceição, A. (2011). Fluorescência da clorofila como um aferrament a possível para seleção de tolerância à salinidade em girasol. *Rev. Cienc. Agron.*, 42(4), 893-897.

Núñez, A. (2021). Efecto del ácido piroleñoso en el pimiento (*Capsicum annuum* L.) Conference: VIII Congreso Internacional y XXI Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. At: México.

Ospina, B. (2019). Estudio del quenching no fotoquímico de la fluorescencia de clorofila y parámetros fotosintéticos relacionados en plantas y algas. Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires en el área Química Inorgánica, Química Analítica y Química Física. Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Departamento de Química Inorgánica, Analítica y Química Física. 179.

Pérez-López, L., Argente-Martínez, L., Peñuelas-Rubio, O., Cervantes-Ortiz, F., Aguirre-Mancilla, C. L., & Aguilera, J. G. (2024). Morphology and yield components of single hybrids white and yellow maize in the Yaqui Valley. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 19(1), e3533-e3533.

Pestana, M., Varennes, A., Abadía, J. & Faria, E. A. (2005). Differential tolerance to iron deficiency of citrus rootstocks grown in nutrient solution. *Scientia Horticulturae*, 104, 25-36

Posada, I., Padrón, Y., González, J., Rodríguez, R., Barbón, R., Norman, O., Rodríguez, R.C., & Gómez-Kosky, R. (2016). Efecto del Pectimorf® en el enraizamiento y la aclimatización in vitro de brotes de Papaya (*Carica papaya* L.) cultivar Maradol Roja. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 50-59.

Reche, J. (2010). Cultivo del pimiento dulce en casa de cultivo. Estudios e informes técnicos. Consejería de Agricultura y pesca. Mexico

Reyes, G., & J. Cortés. (2017). Intensidad en el uso de fertilizantes en América Latina y el Caribe (2006-012). *Bioagro*, 29(1), 45-52.

Rodríguez, Y., Depestre Manso, S. L., & Palloix, A. (2014). Comportamiento en campo abierto de nuevos híbridos f1 y variedades de pimiento (*Capsicum annuum* L.) Multirresistentes a virus. *Cultivos tropicales*, 35(2), 51-59.

Sánchez, J. (2021). Comportamiento morfo-agroproductivo de diferentes cultivares de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en la parroquia la Victoria. [Tesis pregrado, Universidad Técnica de Machala]. Machala- Ecuador. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16568>.

Serrano, Z. (2011). Prontuario del cultivo del pimiento. Primera edición, PDF. Depósito Legal: MA 1530-2011. México, 111 p.

Soler, J. C. T., Gómez, L. G. G., Jiménez-Arteaga, M. C., Boicet-Fabré, T., & Falcón-Rodríguez, A. B. (2023). Aplicación de bioproductos en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*, L. variedad Labrador). *Chone, Ciencia y Tecnología*, 1(02).

SUMMER ZONE. (2010). Catálogo de productos para la agricultura. (en línea). Consultado: 25/10/2019. Disponible en; <http://wvAv.orgánicos.ecuador.com/>.

Zambrano, M. (2009). Aplicación de tres dosis de bio piroxil como fertilizante orgánico en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L), en la zona de vices. Vices: Universidad de Guayaquil

6. Informaciones adicionales

6.1 Conflictos de intereses

No existen conflictos de intereses.