

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ÁREA ACADEMICA DE CIENCIAS AGRICOLAS Y FORESTALES  
INGENIERIA EN AGRONOMIA PARA LA PRODUCCION  
SUSTENTABLE

**"Efectividad biológica de formulaciones de  
Spinosad contra (*Plutella xylostella*) en brócoli"**

**TESIS**

Presentada para obtener el Título de:

**Ingeniero en Agronomía para la Producción  
Sustentable**

Presenta

Luis Gustavo García Guzmán

Director: Dr. Abraham Monteon Ojeda

Co-director: Dr. Oscar Arce Cervantes

Tulancingo de Bravo, Noviembre, 2025



# Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Agropecuarias

*Institute of Agricultural Sciences*

**Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales**

*Academic Area of Agricultural and Forestry Sciences*

Asunto: Autorización de impresión

**Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado**  
Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado a él pasante de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable, **Luis Gustavo García Guzmán**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **"Efectividad biológica de formulaciones de Spinosad contra (*Plutella xylostella*) en brócoli"**, que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

<b>PRESIDENTE</b>	Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos
<b>SECRETARIO</b>	Dr. Benito Flores Chávez
<b>VOCAL 1</b>	Dr. Abraham Monteón Ojeda
<b>VOCAL 2</b>	Dr. Oscar Arce Cervantes
<b>VOCAL 3</b>	Dra. Iridiam Hernández Soto

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

ATENTAMENTE

Tulancingo de Bravo, Hgo., a 10 de noviembre del 2025.

Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos  
Coordinador del PE de Ingeniería  
en Agronomía para la Prod. Sust



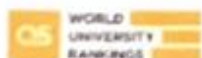
c.c.p. Archivo.

Avenida Universidad #133, Col. San Miguel Huatengo,  
Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo,  
México. C.P. 43775.

Teléfono: 7717172001 Ext. 42173

profe\_5566@uaeh.edu.mx

"Amor, Orden y Progreso"



2025



uaeh.edu.mx

## I. AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo** y al **Instituto de Ciencias Agropecuarias** por brindarme la formación académica y las herramientas necesarias para mi desarrollo profesional.

Al Dr. Abraham Monteón Ojeda, director de tesis, por su orientación, disposición y valiosas aportaciones durante la planeación, ejecución y conclusión de este trabajo. Su acompañamiento académico fue fundamental para el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Óscar Arce Cervantes, codirector, por su apoyo metodológico, su experiencia en el área y las recomendaciones que enriquecieron este estudio.

A los profesores y personal del Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales, quienes contribuyeron de manera directa e indirecta a mi formación durante estos años.

A la empresa y productores del municipio de Palmar de Bravo, Puebla, por permitir el establecimiento del experimento y facilitar las condiciones necesarias para el desarrollo del estudio.

A mis familiares inmigrantes que se encuentran en Estados Unidos de América.

A los ingenieros agrónomos de las empresas, FESSA, ALTIARA, Ahuehue, Biobest y NICHINO, que me han ayudado en estos dos últimos años en mi aprendizaje fuera de las aulas.

Finalmente, a mi familia, especialmente a mis padres y abuelos por su apoyo incondicional, motivación constante y confianza en cada etapa de este proceso académico

# CONTENIDO

I. AGRADECIMIENTOS.....	3
II. RESUMEN.....	6
III. SUMMMARY .....	7
IV. INTRODUCCIÓN .....	8
V.ANTECEDENTES .....	9
VI.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
VII. JUSTIFICACIÓN .....	11
VIII. OBJETIVOS .....	12
IX. HIPÓTESIS .....	12
X. REVISIÓN DE LITERATURA.....	13
X.I. Taxonomía .....	13
X.II. Biología del cultivo.....	13
X.III. Importancia económica .....	13
X.IV. Daños económicos por plagas y enfermedades.....	14
X.V. Principales plagas y enfermedades .....	14
X.VI. Daños por palomilla dorso diamante ( <i>Plutella xylostella</i> ).....	16
X.VII. Manejo de palomilla dorso diamante ( <i>Plutella xylostella</i> ).....	16
X.VIII.Importancia de métodos ecológicos de palomilla dorso diamante ( <i>Plutella xylostella</i> ).....	17
X.IX. Importancia de las espinosinas .....	17
XI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
XI.I. Ubicación del área de estudio.....	19
XI.II. Establecimiento del experimento.....	19
XI.III. Elemento de prueba y plagas en estudio .....	20
XI.IV. Diseño experimental .....	20
XI.V. Aplicación de tratamientos .....	20
XI.VI.Evaluación de la efectividad biológica y fitotoxicidad .....	21

XI.VII.Métodos estadísticos y cálculo de eficacia .....	21
XI.VIII. Calendario de actividades .....	22
XII. RESULTADOS .....	23
XII.I Evaluación previa .....	23
XII.II Primera evaluación.....	24
XII.III Segunda evaluación.....	26
XII.IV. Tercera evaluación.....	28
XII.V. Evaluación de la fitotoxicidad.....	30
XIII. DISCUSIÓN.....	32
XIV. CONCLUSIONES .....	33
XV. REFERENCIAS .....	34
XVI. APÉNDICE .....	38
XVI.I. Información recabada en campo (evaluación previa).....	38
XVI.II. Información recabada en campo (primera evaluación) .....	39
XVI.III. Información recabada en campo (segunda evaluación).....	40
XVI.IV. Información recabada en campo (tercera evaluación) .....	41
XVI.V. Análisis estadístico .....	42
XVI.VI.Variables meteorológicas del sitio experimental.....	48
XVI.VII.Imágenes del estudio de campo.....	49

#### INDICE DE CUADROS, GRAFICOS Y FIGURAS

CUADRO 1 .....	21	FIGURA 1 .....	14	GRÁFICO 1 .....	24
CUADRO 2 .....	22	FIGURA 2 .....	15	GRÁFICO 2 .....	26
CUADRO 3 .....	23	FIGURA 3 .....	15	GRÁFICO 3 .....	28
CUADRO 4 .....	25	FIGURA 4 .....	15	GRÁFICO 4 .....	30
CUADRO 5 .....	27	FIGURA 5 .....	16		
CUADRO 6 .....	29	FIGURA 6 .....	17		
CUADRO 7 .....	31	FIGURA 7 .....	18		
		FIGURA 8 .....	19		

## Efectividad biológica de formulaciones de spinosad contra *Plutella xylostella* en brócoli

### II. RESUMEN

El control eficiente de plagas en sistemas hortícolas es fundamental para mantener la productividad y calidad del cultivo, especialmente en regiones con presión fitosanitaria elevada. *Plutella xylostella* es considerada plaga clave en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*), ocasionando daños severos y pérdidas económicas significativas. En este estudio se evaluó la efectividad biológica de un insecticida ecológico a base de espinosinas, comparando cinco dosis (30, 40, 50, 60 y 70 mL/ha) en condiciones comerciales de producción en Palmar de Bravo, Puebla, México, durante el ciclo primavera-verano 2024. Se empleó un diseño completamente al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones, incluyendo testigo absoluto y un tratamiento comercial. Las aplicaciones se realizaron vía foliar en cuatro ocasiones, con intervalos de siete días. Se efectuaron evaluaciones a los 7, 14, 21 y 28 días posteriores a la primera aplicación, registrando incidencia poblacional de *P. xylostella*, así como posible fitotoxicidad mediante la escala EWRS. El análisis estadístico se llevó a cabo mediante ANOVA y prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). Los resultados indicaron que las cuatro dosis evaluadas del insecticida ecológico lograron eficacias superiores al 85% en la tercera evaluación, destacando la dosis de 70 mL/ha, que registró una eficacia de 92.4% contra *P. xylostella* a los 14 días. No se observaron síntomas de fitotoxicidad en ninguna dosis evaluada. Las pruebas de Levene y Shapiro-Wilk confirmaron homogeneidad de varianzas y distribución normal de los errores, validando la consistencia experimental. En conclusión, el producto ecológico a base de espinosinas mostró alta eficacia y seguridad agronómica para el manejo de *P. xylostella* en brócoli, constituyéndose como alternativa viable dentro de programas de manejo integrado de plagas sustentables.

**Palabras clave:** Spinosad, *Plutella xylostella*, brócoli, insecticida ecológico, manejo integrado de plagas, eficacia biológica.

## Biological effectiveness of spinosad formulations against *Plutella xylostella* in broccoli

### III. SUMMARY

Effective pest control in horticultural systems is essential for maintaining crop productivity and quality, especially in regions with high phytosanitary pressure. (*Plutella xylostella*) is considered a key pest of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), causing severe damage and significant economic losses. This study evaluated the biological efficacy of an organic spinosin-based insecticide, comparing four doses (30, 40, 50, 60 and 70 mL/ha) under commercial production conditions in Palmar de Bravo, Puebla, Mexico, during the spring-summer cycle of 2024. A completely randomized design with seven treatments and four replicates was used, including an untreated control and a commercial treatment. Applications were made by foliar spraying on two occasions, with seven-day intervals. Evaluations were carried out 7, 14, 21 and 28 days after the first application, recording the population incidence of (*P. xylostella*), as well as any potential phytotoxicity using the EWRS scale. Statistical analysis was performed using ANOVA and Tukey's test ( $\alpha = 0.05$ ). The results indicated that all four evaluated doses of the organic insecticide achieved efficacies greater than 85% in the third evaluation, with the 70 mL/ha dose showing the highest efficacy, at 92.4% against *P. xylostella* after 14 days. No symptoms of phytotoxicity were observed at any of the evaluated doses. Levene's and Shapiro-Wilk tests confirmed the homogeneity of variances and the normal distribution of errors, validating experimental consistency. In conclusion, the spinosin-based organic product demonstrated high efficacy and agronomic safety for the management of *P. xylostella* in broccoli, establishing itself as a viable alternative within sustainable integrated pest management programs.

**Keywords:** Spinosad, *Plutella xylostella*, broccoli, ecological insecticide, integrated pest management, biological efficacy.

#### IV. INTRODUCCIÓN

El cultivo y consumo del brócoli se ha incrementado recientemente a nivel mundial, asociado al reconocimiento de su valor nutricional y características organolépticas, así como a la tendencia global de mayor consumo de hortalizas (Toledo H., 2003). Debido a su alto contenido nutracéutico y compuestos con propiedades anticancerígenas, el brócoli (*Brassica oleracea* L.) ha adquirido gran importancia dentro del sector hortícola, por lo que es necesario fomentar su producción y consumo en México (Pardo et al., 2015).

El cultivo de brócoli es susceptible a plagas y enfermedades que pueden reducir significativamente el rendimiento y la calidad, afectando la rentabilidad del productor. En México, bajo condiciones de alta humedad, las pérdidas por patógenos pueden alcanzar hasta el 40 % (Fraire-Cordero et al., 2007). Entre las principales plagas destacan *Plutella xylostella*, *Trichoplusia ni*, áfidos (*Brevicoryne brassicae* y *Myzus persicae*), *Delia radicum* y nemátodos del suelo; mientras que entre las enfermedades sobresalen la pudrición negra (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*), la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*), mildiu y pudriciones por *Alternaria brassicicola* (Pineda et al., 1993).

El manejo de plagas en brócoli debe ser integral, incluyendo rotación de cultivos, variedades resistentes, monitoreo, control biológico y uso racional de insecticidas selectivos (UC IPM, 1992), prácticas compatibles con agricultura sustentable (De la Cruz Abarca, 2018).

El spinosad, metabolito producido por *Saccharopolyspora spinosa*, destaca por su eficacia contra *P. xylostella* y *T. ni*, su baja toxicidad ambiental y compatibilidad con el manejo integrado de plagas y producción orgánica (Ware & Whitacre, 2004).



## V. ANTECEDENTES

El insecticida Spinosad ha emergido como una opción biológica relevante para el control de plagas en cultivos hortícolas y agrícolas, gracias a su origen microbiológico y selectividad relativa frente a insectos no objetivos. En un ensayo realizado en túneles plásticos con tomate, se aplicaron dosis de 48 a 120 g a.i./ha y se evaluaron tanto la cobertura atacada como la fitotoxicidad frente a *Tuta absoluta*, comprobándose una eficacia significativa del producto. (Bratu, Petcuci & Sovarel, 2015). Asimismo, en estudios de granos almacenados, la aplicación de *spinosad* sobre trigo o maíz trató insectos como *Rhyzopertha dominica* y *Sitophilus oryzae*, alcanzando mortalidades cercanas al 100 % y supresión casi total de la progenie en ciertos tratamientos. (Fields & al., 2002). En otro estudio sobre granos almacenados se observó que la persistencia de Spinosad aplicada al trigo durante 9 meses permitió mortalidad del 100 % con dosis de 0.5 o 1 mg kg<sup>-1</sup> en adultos de *R. dominica*. (Fields & al., 2005).

En poblaciones de *Frankliniella occidentalis* ('thrips'), se ha documentado la estabilidad de resistencia a *spinosad* bajo condiciones de laboratorio, lo que sugiere que su eficacia puede verse comprometida si se usa repetidamente sin rotación. (Abellán & Contreras, 2014).

## VI. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La palomilla dorso diamante (*Plutella xylostella*) es una de las principales plagas de brócoli, el cual es una hortaliza de importancia económica en diversas zonas productoras. Debido a la alta incidencia de *Plutella xylostella*, se ha visto afectado el rendimiento y la calidad, ya que las larvas de esta se alimentan principalmente del follaje, y cuando la incidencia es demasiado alta puede llevar a tener considerables pérdidas en la producción.

El control tradicional de *Plutella xylostella* se ha basado en aplicaciones de insecticidas de grupos químicos como los carbamatos, organofosforados y piretroides. El uso constante y repetitivo de estos ha provocado que individuos de algunas poblaciones generen una mayor resistencia, lo que ha reducido la eficiencia de dichos tratamientos. Dada esta situación, se ha introducido spinosad, un insecticida de origen biológico derivado de *Saccharopolyspora spinosa*, como alternativa sostenible. Al ser un insecticida de origen biológico, genera un menor impacto ambiental, alta selectividad al conservar en mayor medida insectos benéficos y polinizadores, y mayor eficiencia en poblaciones de *Plutella xylostella* con resistencia a insecticidas químicos.

## VII. JUSTIFICACIÓN

La palomilla dorso diamante es una plaga agrícola que ha desarrollado resistencia a diversos ingredientes químicos presentes en plaguicidas utilizados en la agricultura, como los piretroides, organofosforados y carbamatos. Esta resistencia creciente dificulta que las aplicaciones sean efectivas, especialmente en cultivos como el brócoli. Debido a su alta incidencia, las pérdidas pueden ascender entre el 30% y el 100%. En términos monetarios, los daños ocasionados por *Plutella xylostella* en cultivos de brócoli se estiman entre 3 y 5 mil millones de dólares.

Por esta razón, es fundamental emplear insecticidas que generen menor presión de selección y reduzcan el riesgo de desarrollo de resistencia, además de considerar su residualidad en el ambiente. En este contexto, el spinosad perteneciente al grupo de las "spinosinas" destaca como una alternativa importante. Este ingrediente activo proviene de la fermentación de una bacteria del suelo llamada *Saccharopolyspora spinosa* y es considerado un insecticida de origen natural. Actúa por contacto y también presenta acción sistémica, lo que mejora su efectividad contra la plaga sin causar un impacto ambiental tan elevado. Además, presenta un menor índice de resistencia en la palomilla dorso diamante en comparación con otros grupos químicos.

## VIII. OBJETIVOS

### General

Evaluar la efectividad biológica de productos formulados a base de espinosinas A y D en el control de *Plutella xylostella* en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*).

### Específicos

- Comparar la efectividad biológica del insecticida ecológico y la de un producto registrado de uso común para el manejo de la palomilla dorso de diamante.
- Evaluar el efecto fitotóxico del insecticida agroecológico sobre plantas de brócoli.

## IX. HIPÓTESIS

El uso de compuestos ecológicos a base de espinosinas reduce significativamente la población de la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*, cv. *imperial*), sin causar efectos fitotóxicos en las plantas.

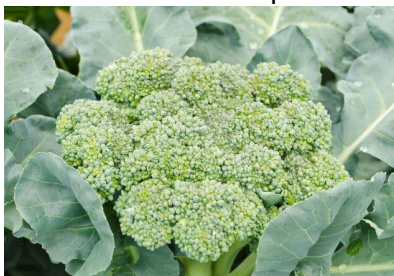
## X. REVISIÓN DE LITERATURA

X.I Taxonomía	
Reino	Plantae
Filo	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae
Género	Brassica
Especie	Brassica oleracea

Esta clasificación agrupa al brócoli dentro del conjunto de las “coles” o cole crops, junto con la coliflor, col, kale y col de Bruselas. Su origen se asocia al Mediterráneo, especialmente al norte de Italia, donde fue domesticado como una forma de col con inflorescencias flores compactas. Esta taxonomía es esencial para comprender las relaciones genéticas y el mejoramiento entre las diferentes variedades del género *Brassica* (Rubatzky & Yamaguchi, 2012).

### X.II. Biología del cultivo

El brócoli es una planta anual cultivada a partir de variedades bienales de *Brassica oleracea*. Su sistema radicular es pivotante, con raíces secundarias finas que se extienden principalmente en los primeros 40 a 60 cm del suelo, permitiendo la absorción eficiente de agua y nutrientes (Tirilly & Bourgeois, 2002,). Las hojas son grandes, lobuladas y de color verde azulado, con un pecíolo largo que sostiene la lámina; estas hojas representan casi la mitad de la biomasa de la planta y cumplen una función fotosintética vital para el desarrollo de la inflorescencia (Tirilly & Bourgeois, 2002,). La parte comestible, conocida como “cabeza” o “pella”, es una inflorescencia inmadura formada por numerosos botones florales agrupados; si no se cosechan, los botones se abren en flores amarillas típicas de las crucíferas, señalando la transición a la etapa reproductiva (Fundación Hogares Juveniles Campesino, 2010,). El desarrollo vegetativo y reproductivo del brócoli está fuertemente influenciado por factores ambientales, como la temperatura y la luz, así como por la disponibilidad de nutrientes, siendo especialmente sensible a la deficiencia de nitrógeno y fósforo, elementos esenciales para su crecimiento óptimo.



**Figura 1,** Planta de Brócoli.

### X.III. Importancia económica

El brócoli es una de las hortalizas más valiosas del mundo, en Estados Unidos, su valor en finca supera los 1,000 millones de dólares anuales, gracias al auge del consumo fresco y congelado (Björkman et al., 2020). En México, es un cultivo clave de exportación, principalmente hacia Estados Unidos y Canadá, ocupando el tercer lugar en exportaciones hortícolas (SIAP, 2023). En España, las regiones de Murcia y Navarra concentran gran parte de la producción destinada a Europa, donde el brócoli ha aumentado su demanda por su alto contenido de antioxidantes y compuestos saludables (MAPA, 2021).

### **XIX. Daños económicos por plagas y enfermedades.**

Las plagas y enfermedades del cultivo de brócoli representan una amenaza económica significativa, pues afectan tanto la cantidad como la calidad de la cosecha y, por tanto, los ingresos del productor. Por ejemplo, en el libro Plagas y enfermedades de las hortalizas en invernadero se destaca que “la introducción del estudio parte de la importancia económica actual de las hortalizas de invernadero, la pérdida que supone el ataque de los patógenos y los principios en que se basa la fitopatología” (Reche Mármol, 2015). En este sentido, aunque no se detalla una cifra específica para el brócoli, se puede inferir que pérdidas superiores al 10 % del rendimiento, por ejemplo, por enfermedades como la hernia de la col o alternaria que afectan a las crucíferas, inducen costos adicionales en sanidad, disminución de cabezas comerciales y producto rechazado en la poscosecha, lo cual disminuye la rentabilidad del cultivo.

### **X.V. Principales plagas y enfermedades**

El brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) es susceptible a varias plagas que afectan su desarrollo y producción. Una de las más importantes es la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*), cuyas larvas perforan el envés de las hojas, debilitando la planta y reduciendo el rendimiento de la cosecha (Fontanet i Roig & Vila Pascual, 2014).



**Figura 1.** Adulto de palomilla dorso diamante (*Plutella xylostella*)

Otra plaga relevante es el pulgón negro (*Brevicoryne brassicae*) y el pulgón verde (*Myzus persicae*), que se alimentan de la savia de los brotes y hojas tiernas, producen melaza y



favorecen la aparición de hongos secundarios, además de transmitir virus entre plantas (García Marí & Ferragut Pérez, 2020).

**Figura 2**, pulgón negro (*Brevicoryne brassicae*) y el pulgón verde (*Myzus persicae*), plagas relevantes en brócoli.

La mosca blanca de las crucíferas (*Aleyrodes proletella* y *Aleyrodes brassicae*) es también una amenaza significativa. Los adultos se ubican en el envés de las hojas, succionan savia y generan melaza, lo que facilita la proliferación de patógenos (Morales Masaya, 1995).



**Figura 3**, mosca blanca de las crucíferas (*Aleyrodes proletella* y *Aleyrodes brassicae*)

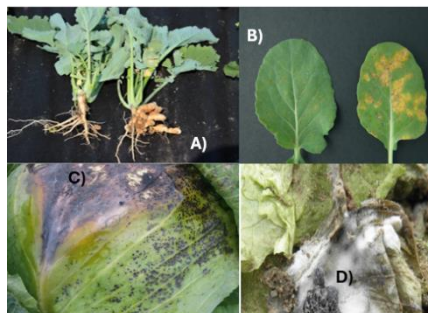
Finalmente, la mariposa de la col (*Pieris brassicae*) es otra plaga común, ya que sus orugas defolian las hojas gruesas del brócoli, afectando la formación de la cabeza y reduciendo la productividad del cultivo (Fontanet i Roig & Vila Pascual, 2014).



**Figura 4**, mariposa de la col (*Pieris brassicae*)

El control de estas plagas debe incluir monitoreo constante, uso de variedades resistentes, control biológico y, cuando sea necesario, aplicación de productos fitosanitarios adecuados para minimizar daños y mantener una producción saludable (García Marí & Ferragut Pérez, 2020).

El cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) es susceptible a diversas enfermedades que afectan su desarrollo y rendimiento. Una de las más graves es la hernia de las



crucíferas, causada por *Plasmodiophora brassicae*, la cual provoca agallas en las raíces que impiden la absorción de agua y nutrientes, ocasionando marchitez y pérdida de plantas (García Domínguez, 2019). También es común el mildiu veloso, producido por *Hyaloperonospora brassicae*, que genera manchas cloróticas en el haz y un micelio blanquecino en el envés de las hojas, favorecido por climas fríos y húmedos (Sakata Seed Sudamérica, 2020). Otra enfermedad relevante es la mancha foliar o alternariosis, causada por *Alternaria brassicae* y *A. brassicicola*, que produce lesiones circulares oscuras en las hojas y puede avanzar hacia los tallos y floretes, reduciendo la calidad comercial (Fertilab, 2025). El moho blanco causado por *Sclerotinia sclerotiorum* afecta tallos y cabezuelas, formando un micelio blanco algodonoso y esclerocios negros, especialmente en ambientes húmedos (Madloo et al., 2017).

**Figura 5**, principales enfermedades de brócoli, A) *Plasmodiosphora brassicae*, B) *Hyaloperonospora brassicae*, C) *Alternania Brassicae* y *A. brassiciola*, D) *Sclerotinia sclerotiorum*.

#### **X.VI Daños por palomilla dorso diamante (*Plutella xylostella*)**

Las larvas de la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*) se alimentan del envés de las hojas del brócoli, perforando la lámina foliar mientras dejan intactas las venas, lo que reduce la capacidad fotosintética de la planta, debilita el crecimiento y afecta el tamaño y peso de la cabeza (Fernández et al., 2013Pin). Además, la presencia de orugas u hojas dañadas puede provocar rechazo comercial y pérdidas económicas por disminución de la calidad del cultivo (Miranda Ortiz, 1989). La plaga tiene múltiples generaciones por temporada, lo que incrementa los costos de control y acelera las pérdidas económicas. En cultivos de brócoli se estima un nivel de daño económico (NDE) de aproximadamente 2-3 larvas por hoja en 10 plantas, con un umbral económico sugerido de control entre 1 a 2 larvas por hoja en 10 plantas, punto en el que la intervención agrícola se justifica para evitar pérdidas mayores (Pineda Tinoco, 1993).



**Figura 6**, Daños por larva de palomilla dorso diamante (*Plutella xylostella*).



## **X.VII. Manejo de palomilla dorso diamante (*Plutella xylostella*)**

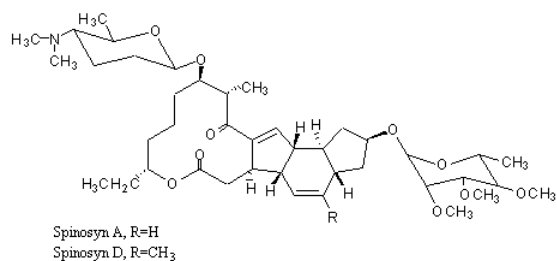
La palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella* L.) es considerada una de las plagas más destructivas de los cultivos de brásicas debido a su alta capacidad reproductiva, su rápido ciclo biológico y la resistencia que ha desarrollado frente a numerosos insecticidas. Este comportamiento ha dificultado su control y ha obligado a implementar estrategias de manejo integrado que combine tácticas culturales, biológicas y químicas. La aplicación de *Bacillus thuringiensis*, junto con el uso de trampas, barreras vivas y rotación de cultivos, ha mostrado resultados favorables en la reducción de las poblaciones de la plaga en sistemas hortícolas sostenibles (Valverde-Rodríguez et al., 2021). En México, se ha comprobado que las poblaciones de *P. xylostella* presentan distintos niveles de resistencia a varios grupos de insecticidas, lo que resalta la importancia de rotar ingredientes activos y fortalecer las prácticas no químicas para disminuir la presión de selección y mantener la eficacia de los tratamientos (Ochoa Fuentes et al., 2021).

## **X.VIII Importancia de métodos ecológicos de palomilla dorso diamante (*Plutella xylostella*)**

La adopción de métodos de control ecológico en el cultivo de *Plutella xylostella* (L.), conocida como la palomilla dorso de diamante, en brócoli resulta crucial para reducir el impacto ambiental y económico de esta plaga. Por ejemplo, el empleo de agentes como *Bacillus thuringiensis* combinado con trampas luminosas, barreras vivas y hongos entomopatógenos ha permitido mantener las poblaciones de la plaga por debajo del nivel de daño económico y mejorar los rendimientos en brócoli (Valverde-Rodríguez et al., 2021). Además, la revisión en cultivos de brásicas sugiere que el control biológico representa una alternativa ambientalmente amigable al uso intensivo de insecticidas químicos, favoreciendo así una agricultura más sostenible (Mena Guerrero & Hernández Fernández, 2017).

## **X.IX. Importancia de las espinosinas**

El compuesto Spinosad muestra una gran relevancia en el control ecológico de plagas, al tratarse de una mezcla de lactonas macrocíclicas producidas por fermentación bacteriana, que ha demostrado eficacia sobre una amplia gama de insectos en cultivos hortícolas y frutales, con menor impacto en insectos benéficos y mamíferos (Contreras Pedraza, Cárdenas Solano & Morales Castañeda, 2022). Además, estudios recientes confirman que la adición de coadyuvantes tensoactivos mejora significativamente la mortalidad de plagas como *Frankliniella occidentalis* al combinarse con spinosad, lo que representa una alternativa eficiente y sostenible frente al uso exclusivo de insecticidas convencionales (Sandoval Becerra & Camacho Torres, 2024).



**Figura 7,** fórmula química de las espinosinas

La espinosina A/D, conocida comercialmente como Spinosad, es un insecticida de origen microbiano que presenta un modo de acción novedoso y selectivo: se dirige a los receptores nicotínicos de acetilcolina (nAChRs) y en menor medida a los receptores GABA del sistema nervioso de los insectos, lo que provoca hiperexcitación, temblores, parálisis y muerte de la plaga, sin resistencia cruzada con otros insecticidas tradicionales, por lo que resulta útil en programas de manejo de resistencia (Thompson & Sparks, 2002; Salgado et al., 2012).

Además, Spinosad se caracteriza por su origen natural (fermentación de *Saccharopolyspora spinosa*), su bajo perfil de toxicidad para mamíferos y organismos no blanco, y su eficacia por ingestión y contacto en insectos de los órdenes Lepidóptera, Diptera, Coleoptera y Thysanoptera, lo que la posiciona como una alternativa viable en programas de control ecológico o de baja carga ambiental (Biondi et al., 2012).

## XI. MATERIALES Y MÉTODOS

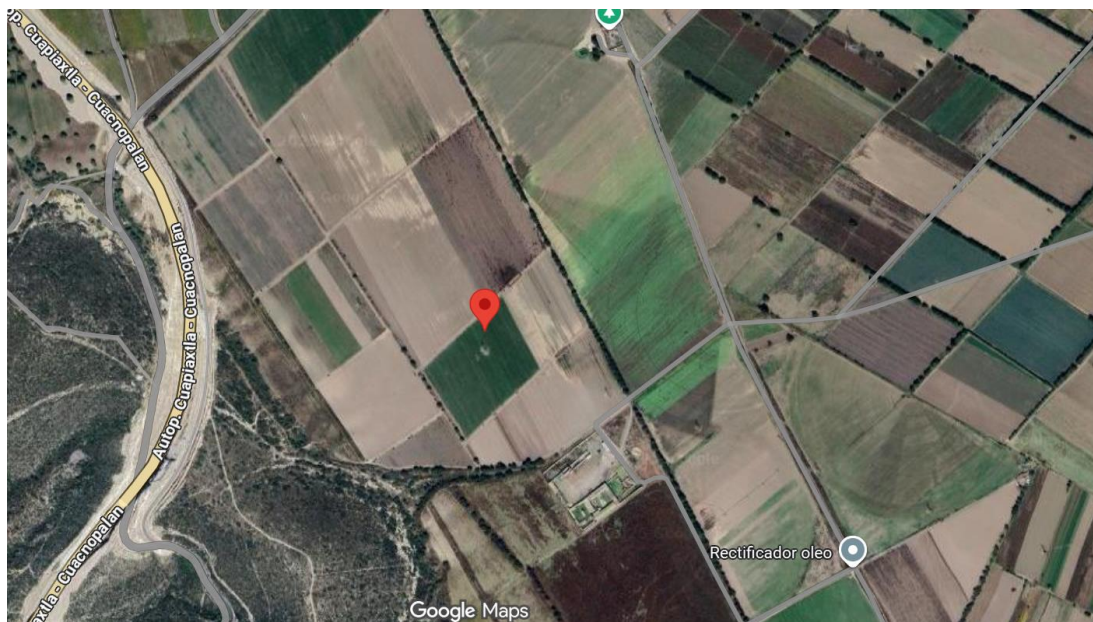
### XI.I. Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó durante el ciclo primavera–verano de 2024 en el municipio de Palmar de Bravo, estado de Puebla, una región predominantemente hortícola. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, el clima corresponde a tipo templado (C), caracterizado por temperaturas promedio superiores a 18 °C (SMN, 2025). Las condiciones climáticas promedio registradas incluyen temperaturas mínimas de 0 °C, máximas de 28 °C y medias anuales entre 14 y 21 °C, con una humedad relativa promedio de  $60 \pm 5$  % y una precipitación anual aproximada de 380 mm (SMN, 2025).

### XI.II. Establecimiento del experimento

El experimento se desarrolló en el municipio de Palmar de Bravo, Puebla, México, localizado en las coordenadas geográficas 18°52'02.8" N y 97°29'12.7" W (18.867444, -97.486861), a una altitud de 2,450 msnm. El ensayo se estableció en una plantación comercial de brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*), variedad Imperial, cultivada a cielo abierto. Al inicio del experimento, las plantas contaban con 50 días después de la siembra (dds) y se encontraban en etapa vegetativa.

Las plantas se sembraron en doble hilera sobre camas de 1.0 m de ancho, con una distancia de 60 cm entre plantas y 1 m entre surcos. Durante el estudio, se registraron valores de humedad relativa y temperaturas mínimas y máximas mediante un registrador automático de datos (Data Logger Hobo®).



**Figura 8.** Fotografía satelital del sitio experimental

### XI.III. Elemento de prueba y plagas en estudio

El insecticida evaluado fue un formulado a base de una mezcla de espinosinas A y D (spinosad) al 5 %, equivalente a 48 g de ingrediente activo por litro (g i.a./L). Este producto se clasifica como insecticida misceláneo debido a su bajo impacto ambiental y reducida toxicidad en mamíferos.

El tratamiento se aplicó para evaluar su efectividad biológica frente a infestaciones naturales de palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*) en brócoli variedad Imperial. No se realizaron infestaciones artificiales; la evaluación se basó en los daños observados en campo. La identificación de la plaga se realizó mediante inspección visual y se corroboró utilizando claves taxonómicas y referencias fotográficas de Almaraz-Valle et al. (2025) y Philips et al. (2014).

### XI.IV Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar (DCA) con siete tratamientos y cuatro repeticiones, para un total de 28 unidades experimentales (UEs). Cada UE consistió en tres surcos de 1 m por 7 m de longitud, para una superficie de 21 m<sup>2</sup>. Cada tratamiento tuvo una superficie de 105 m<sup>2</sup>, acumulando una superficie total de estudio de m<sup>2</sup>. Toda la unidad experimental fue considerada como parcela útil.

Tratamiento	Descripción	Concentración / Formulación	Dosis (mL/ha)
T1	Insecticida a base de mezcla de espinosinas A y D (spinosad)	5 % (48 g i.a./L)	30
T2	Insecticida ecológico (spinosad)	5%	40
T3	Insecticida ecológico (spinosad)	5%	50
T4	Insecticida ecológico (spinosad)	5%	60
T5	Insecticida ecológico (spinosad)	5%	70
T6	Insecticida comercial (spinosad)	11.60%	100
T7	Testigo	Sin aplicación	—

El testigo regional se seleccionó debido a que contiene el mismo ingrediente activo (spinosad) y ambos se encuentran autorizados y registrados para su uso en brócoli para el control de *P. xylostella*.

### XI.V Aplicación de tratamientos

Previo a las aplicaciones, se calibró el equipo de aspersión para determinar el gasto de agua y las dosis específicas por UE. Las aplicaciones fueron foliares, utilizando mochila manual con boquilla de cono lleno, con un gasto promedio de 238 L/ha. Las aplicaciones iniciaron cuando se observaron niveles representativos de infestación en todas las UEs. Se realizaron dos aplicaciones por tratamiento con un intervalo de siete días.

## XI.VI. Evaluación de la efectividad biológica y fitotoxicidad

Previo a la aplicación de los tratamientos, se efectuó un muestreo inicial con el propósito de confirmar la presencia y nivel de infestación representativo de las plagas en las unidades experimentales (UE's). Se realizaron dos aplicaciones con siete días de intervalo entre cada una. Tras la primera aplicación de tratamientos, se realizaron evaluaciones a los 7, 14, 21 y 28 días después de la primera aplicación (dda). Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre el control de Palomilla dorso diamante (*Plutella xylostella*) se muestrearon al azar 10 puntos (hojas) por unidad experimental y se contabilizó en número de individuos vivos en cada unidad experimental, considerando 40 puntos de muestreo por tratamiento y 280 en todo el experimento en cada fecha de evaluación.

La fitotoxicidad se evaluó en cada planta considerando síntomas visibles de daño, tales como cambios de color, necrosis y deformaciones foliares, asociados a posibles efectos adversos de los tratamientos. La determinación se realizó con base en la escala propuesta por la *European Weed Research Society* (EWRS), expresando los resultados en porcentaje de fitotoxicidad sobre el cultivo.

**Cuadro 1.** Escala de puntuación propuesta por la EWRS (European Weed Research Society) para evaluar fitotoxicidad al cultivo y su interpretación agronómica porcentual.

Valor puntual	Efecto sobre el cultivo	% de fitotoxicidad al cultivo
1	Sin efecto	0
2	Síntomas muy ligeros	1.0 - 3.5
3	Síntomas ligeros	3.5 - 7.0
4	Síntomas sin daños en rendimiento	7.0 - 12.5
5	Daño medio	12.5 – 20
6	Daños elevados	20 – 30
7	Daños muy elevados	30 – 50
8	Daños severos	50 – 99
9	Muerte completa	100

## XI.VIII Métodos estadísticos y cálculo de eficacia

A partir de los datos del número de palomillas por UE y por fecha, se realizaron análisis de varianza (ANOVA). La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) utilizando SAS v. 9.1.

Se verificaron los supuestos de normalidad (Shapiro–Wilk), homogeneidad de varianzas (Levene) e independencia, garantizada mediante la aleatorización de tratamientos.

El porcentaje de eficacia de cada tratamiento se calculó con base en la fórmula de Abbott (1925):

$$\%Eficacia = \frac{IT - it}{IT} \times 100$$

donde:

IT = incidencia o severidad registrada en el testigo absoluto, y

it = incidencia o severidad observada en el tratamiento evaluado.

## **XI.VIII. Calendario de actividades**

**Cuadro 2.** Calendario de actividades en el estudio de evaluación de la efectividad biológica de un insecticida agroecológico a base de espinosinas para el control de palomilla dorso de diamante en el cultivo de brócoli.

<b>Actividad</b>	<b>Fecha</b>
Evaluación previa y primera aplicación de tratamientos.	28 – junio – 2024
Primera evaluación y segunda aplicación de tratamientos.	5 – julio – 2024
Segunda evaluación y tercera aplicación	12 – julio – 2024
Tercera evaluación y cuarta aplicación	19 – julio - 2024
Cuarta evaluación	26 - julio - 2024

## XII. RESULTADOS

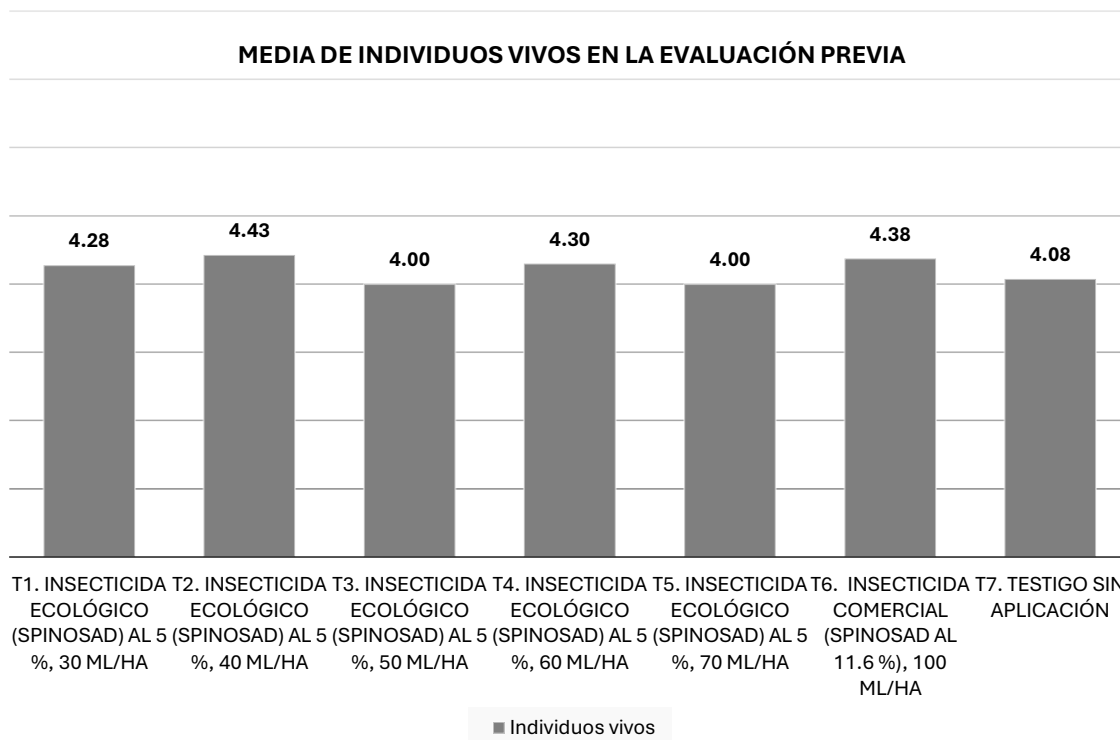
### XII.I Evaluación previa

En el cuadro 3 se aprecian los resultados obtenidos en la evaluación previa. En la prueba de comparación múltiple de medias (*Tukey*,  $\alpha = 0.05$ ) se observa la conformación de una sola agrupación para todos los tratamientos debido a que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre ellos. Lo anterior sugiere que la distribución inicial de la plaga es homogénea en todas las unidades experimentales. La infestación inicial de la plaga observada en el sitio experimental osciló entre 4.0 a 4.4 individuos vivos por unidad experimental.

**Cuadro 3. Evaluación previa.** Resultados del análisis de la evaluación previa en el estudio de evaluación de la efectividad biológica del insecticida ecológico a base de espinosinas para el control de palomilla dorso diamante (*Plutella xylostella*) en el cultivo de brócoli.

Tratamientos	Dosis	Individuos vivos	
		Tukey ( $\alpha = 0.05$ )	Promedio
T1. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	30 mL/ha	a	4.28
T2. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	40 mL/ha	a	4.43
T3. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	50 mL/ha	a	4.00
T4. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	60 mL/ha	a	4.30
T5. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	70 mL/ha	a	4.00
T6. Insecticida comercial ( <i>spinosad</i> al 11.6 %)	100 mL/ha	a	4.38
T7. Testigo sin aplicación	N/A	a	4.08
<b><i>PR &gt; F</i></b>		0.6076	
Dsm		0.9424	

En el gráfico 1 se observa el promedio de individuos vivos por unidad experimental en cada tratamiento, indicando que el nivel de infestación de la plaga es similar en todas las unidades experimentales, lo cual propicia las condiciones adecuadas para el establecimiento del experimento en un diseño completamente al azar.



**Gráfico 1. Evaluación previa.** Promedio de individuos vivos en el estudio de evaluación de la efectividad biológica del insecticida ecológico a base de espinosinas para el control de palomilla dorso diamante (*Plutella xylostella*) en el cultivo de brócoli. Puebla, 2024.

## XII.II Primera evaluación

Durante la primera evaluación de la eficacia de control, realizada 7 días después de la primera aplicación se detectaron diferencias significativas en cuanto al número de individuos vivos de palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*) encontrados en cada tratamiento. En el cuadro 4, se muestran los resultados de la prueba de comparación múltiple de medias (*Tukey*,  $\alpha = 0.05$ ), donde se conformaron cuatro agrupaciones diferentes.

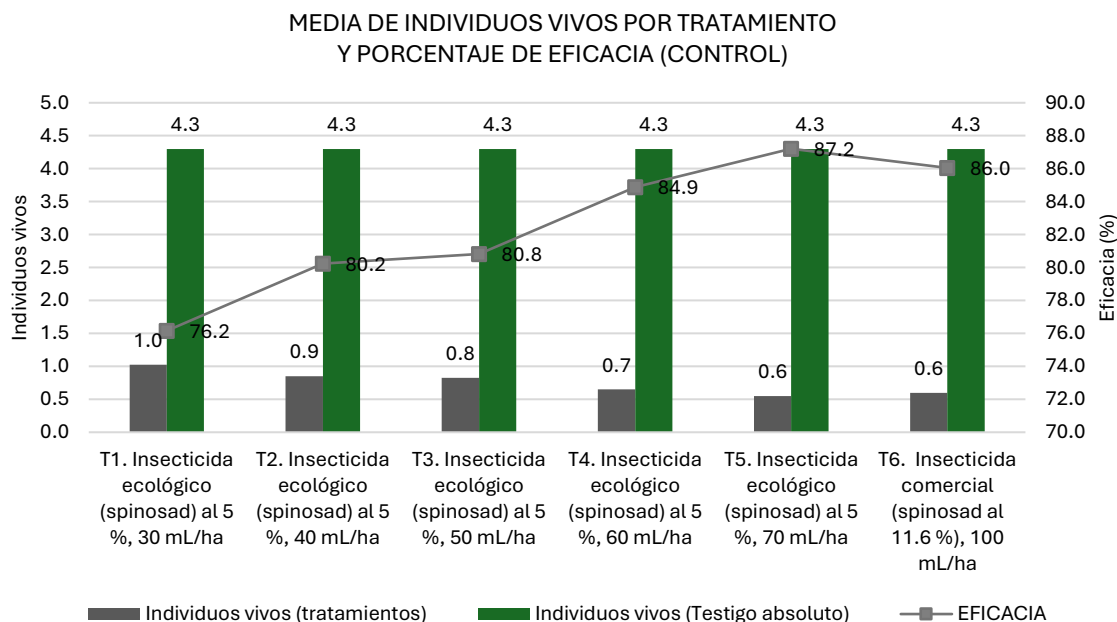
El testigo absoluto obtuvo la mayor infestación con un promedio de 4.3 individuos vivos. En contraste los tratamientos T4. ecológico a base de espinosinas (60 mL/ha), T5. ecológico a base de espinosinas (70 mL/ha) y T6. insecticida comercial (100 mL/ha) obtuvieron las menores infestaciones con un promedio de 0.65, 0.55 y 0.60 individuos vivos por unidad experimental respectivamente. Por otra parte, el T3. ecológico a base de espinosinas (50 mL/ha) y T2. ecológico a base de espinosinas (40 mL/ha) ambos con un promedio de 0.8 individuos vivos. Finalmente, el T1. ecológico a base de espinosinas (30 mL/ha) con un promedio 1.03 individuos vivos por unidad experimental (Cuadro 8).



**Cuadro 4. Primera evaluación.** Resultados del análisis de la información de la primera evaluación del estudio de efectividad biológica del insecticida ecológico a base de espinosinas para el control de palomilla dorso diamante (*Plutella xylostella*) en el cultivo de brócoli. Puebla, 2024.

Tratamientos	Dosis	Individuos vivos		
		Tukey ( $\alpha = 0.05$ )	Promedio	Eficacia (%)
T1. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	30 mL/ha	b	1.03	76.16
T2. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	40 mL/ha	cb	0.85	80.23
T3. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	50 mL/ha	cb	0.83	80.81
T4. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	60 mL/ha	c	0.65	84.88
T5. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	70 mL/ha	c	0.55	87.21
T6. Insecticida comercial ( <i>spinosad</i> al 11.6 %)	100 mL/ha	c	0.60	86.05
T7. Testigo sin aplicación	N/A	a	4.30	0.00
<b><math>PR &gt; F</math></b>		<b>&lt;.0001</b>		
Levene's Test		0.1471		

En el gráfico 2 se observa el efecto de los tratamientos sobre la infestación de la plaga. Cabe señalar que para esta primera evaluación todos los tratamientos con aplicaciones de control superaron significativamente al testigo absoluto. Numéricamente las eficacias de control oscilaron en promedio entre 76.1 y 87.2 %, siendo los tratamientos T4. ecológico a base de espinosinas (60 mL/ha), T5. ecológico a base de espinosinas (70 mL/ha) y T6. insecticida comercial (100 mL/ha) quienes obtuvieron los mejores resultados.



**Gráfico 2. Primera evaluación.** Promedio de individuos vivos por tratamiento y porcentajes de eficacia en la primera evaluación del estudio de efectividad biológica del insecticida ecológico a base de espinosinas para el control de palomilla dorso diamante (*Plutella xylostella*) en el cultivo de brócoli.

### XII.III. Segunda evaluación

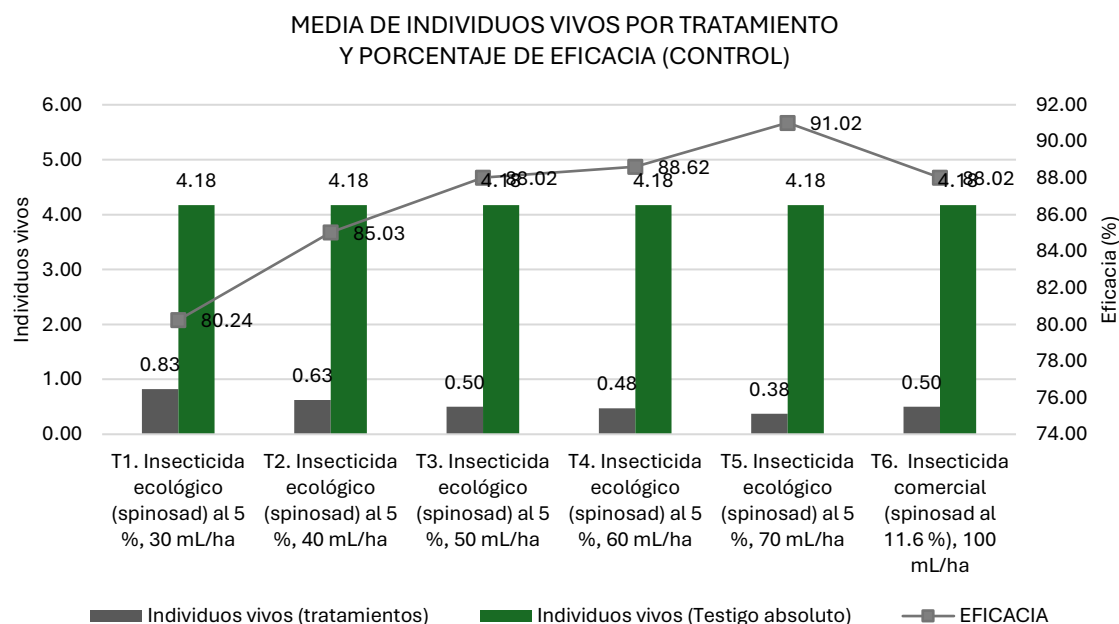
Los resultados obtenidos en la segunda evaluación (cuadro 5) en la prueba de comparación múltiple de medias (*Tukey*,  $\alpha = 0.05$ ) se observan agrupaciones diferentes. En este sentido, los

Tratamientos T3. ecológico a base de espinosinas (50 mL/ha), T4. ecológico a base de espinosinas (60 mL/ha), T5. ecológico a base de espinosinas (70 mL/ha) y T6. insecticida comercial (100 mL/ha) obtuvieron la menor cantidad de individuos vivos (0.50, 0.48, 0.38 y 0.50). Por otro lado, los tratamientos T2. ecológico a base de espinosinas (40 mL/ha) y T1. ecológico a base de espinosinas (30 mL/ha) con 0.63 y 0.83 individuos vivos por unidad experimental obtuvieron mayores niveles de infestación respectivamente. El Testigo absoluto obtuvo el nivel de infestación más alto (4.18 individuos vivos por U.E.), estadísticamente diferente de todos los tratamientos experimentales.

**Cuadro 5. Segunda evaluación.** Resultados del análisis de la información de la segunda evaluación del estudio de efectividad biológica del insecticida ecológico a base de espinosinas para el control de palomilla dorso diamante (*Plutella xylostella*) en el cultivo de brócoli.

Tratamientos	Dosis	Individuos vivos		
		Tukey ( $\alpha = 0.05$ )	Promedio	Eficacia (%)
T1. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	30 mL/ha	b	0.83	80.24
T2. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	40 mL/ha	cb	0.63	85.03
T3. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	50 mL/ha	c	0.50	88.02
T4. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	60 mL/ha	c	0.48	88.62
T5. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	70 mL/ha	c	0.38	91.02
T6. Insecticida comercial ( <i>spinosad</i> al 11.6 %)	100 mL/ha	c	0.50	88.02
T7. Testigo sin aplicación	N/A	a	4.18	0.00
<b><math>PR &gt; F</math></b>		<b>&lt;.0001</b>		
Levene's Test		0.0378		

En el gráfico 3, se observa el promedio de individuos vivos de *P. xylostella*. Se puede observar que el porcentaje de eficacia de los tratamientos experimentales oscilo entre 80 y 91 %; las mejores eficacias fueron obtenidas por los tratamientos T3. ecológico a base de espinosinas (50 mL/ha) (88%), T4. ecológico a base de espinosinas (60 mL/ha) (88%), T5. ecológico a base de espinosinas (70 mL/ha) (91%) y T6. insecticida comercial (100 mL/ha) (88%); en este sentido los tratamientos T2. ecológico a base de espinosinas (40 mL/ha) y T1. ecológico a base de espinosinas (30 mL/ha) obtuvieron un 85 y 80% de eficacia respectivamente. Todos los tratamientos fueron significativamente más eficaces que el testigo sin aplicación.



**Gráfico 3. Segunda evaluación.** Promedio de individuos vivos por tratamiento y porcentajes de eficacia en la segunda evaluación del estudio de efectividad biológica del insecticida ecológico a base de espinosinas para el control de palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*) en el cultivo de brócoli.

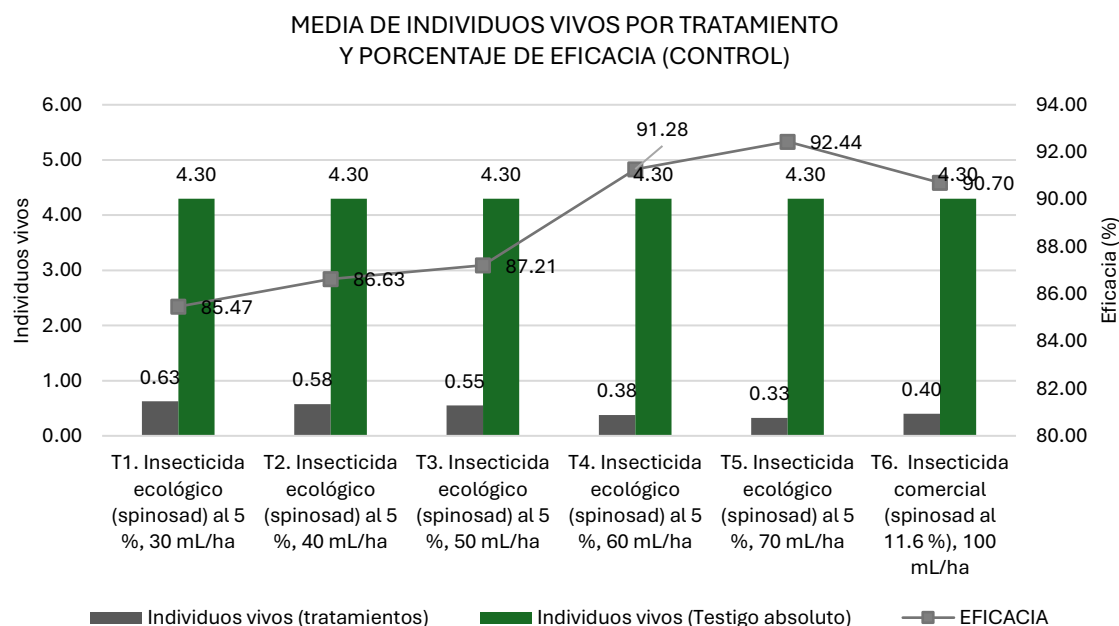
#### XII.IV. Tercera evaluación

Los resultados obtenidos en la tercera evaluación (cuadro 6) en la prueba de comparación múltiple de medias (*Tukey*,  $\alpha = 0.05$ ) se observan agrupaciones diferentes. El análisis de la información recabada en campo determinó que los tratamientos T4. ecológico a base de espinosinas (60 mL/ha) y T5. ecológico a base de espinosinas (70 mL/ha) fueron aquellos con menor infestación con 0.38 y 0.33 individuos vivos por U.E. Respectivamente; de forma similar los tratamientos T2. ecológico a base de espinosinas (40 mL/ha), T3. ecológico a base de espinosinas (50 mL/ha) y T6. insecticida comercial (100 mL/ha) con 0.58, 0.55 y 0.40 individuos vivos por unidad experimental. Por otro lado, el T1. ecológico a base de espinosinas (30 mL/ha) con 0.63 individuos vivos por unidad experimental. Finalmente, el testigo absoluto obtuvo el nivel de infestación más alto con 4.3 individuos vivos por U.E. Estadísticamente diferente de todos los tratamientos experimentales.

**Cuadro 6. Tercera evaluación.** Resultados del análisis de la información de la tercera evaluación del estudio de efectividad biológica del insecticida ecológico a base de espinosinas para el control de palomilla dorso diamante (*Plutella xylostella*) en el cultivo de brócoli.

Tratamientos	Dosis	Individuos vivos		
		Tukey ( $\alpha = 0.05$ )	Promedio	Eficacia (%)
T1. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	30 mL/ha	b	0.63	85.47
T2. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	40 mL/ha	cb	0.58	86.63
T3. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	50 mL/ha	cb	0.55	87.21
T4. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	60 mL/ha	cb	0.38	91.28
T5. Insecticida ecológico ( <i>spinosad</i> ) al 5 %	70 mL/ha	c	0.33	92.44
T6. Insecticida comercial ( <i>spinosad</i> al 11.6 %)	100 mL/ha	cb	0.40	90.70
T7. Testigo sin aplicación	N/A	a	4.30	0.00
<b><math>PR &gt; F</math></b>		<b>&lt;.0001</b>		
Levene's Test		0.4990		

En la Figura 5, se observa el promedio de individuos vivos de *P. xylostella*. Se puede observar que el porcentaje de eficacia de los tratamientos experimentales oscilo entre 85 y 91 %; los mejores resultados fueron obtenidos por los tratamientos T4. ecológico a base de espinosinas (60 mL/ha), T5. ecológico a base de espinosinas (70 mL/ha) y T6. insecticida comercial (100 mL/ha) con 91, 92 y 90 % de eficacia de control. Además, los tratamientos T1. ecológico a base de espinosinas (30 mL/ha), T2. ecológico a base de espinosinas (40 mL/ha) y T3. ecológico a base de espinosinas obtuvieron eficacias de control de 85, 86 y 87 %. Todos los tratamientos fueron significativamente más eficaces que el testigo sin aplicación.



**Gráfico 4. Tercera evaluación.** Promedio de individuos vivos por tratamiento y porcentajes de eficacia en la tercera evaluación del estudio de efectividad biológica del insecticida ecológico a base de espinosinas para el control de palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*) en el cultivo de brócoli. Puebla, 2024

## XII.V. Evaluación de la fitotoxicidad

En cada fecha de evaluación de la eficacia, se valoró el posible efecto fitotóxico provocado por la aplicación del insecticida ecológico a base de espinosinas para el control de palomilla dorso (*Plutella xylostella*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) cv. Imperial, para tal fin, se utilizó la escala propuesta por la EWRS (Cuadro 7). Las observaciones en campo permitieron concluir que la aplicación del producto citado a dosis de 30, 40, 50, 60 y 70 mL/ha, no ejercieron ningún efecto fitotóxico en el cultivo de brócoli, en las condiciones en las que se realizó el presente estudio (cuadro 7).

**Cuadro 7.** Evaluación del posible efecto fitotóxico en el estudio de efectividad biológica del insecticida ecológico a base de espinosinas para el control de palomilla dorso de diamante en el cultivo de brócoli. Puebla, 2024.

Tratamiento			Dosis mL/ha	1ra evaluación	2da evaluación	3ra Evaluación
T1.	Insecticida ecológico	( <i>spinosad</i> ) al 5 %	30 mL/ha	0	0	0
T2.	Insecticida ecológico	( <i>spinosad</i> ) al 5 %	40 mL/ha	0	0	0
T3.	Insecticida ecológico	( <i>spinosad</i> ) al 5 %	50 mL/ha	0	0	0
T4.	Insecticida ecológico	( <i>spinosad</i> ) al 5 %	60 mL/ha	0	0	0
T5.	Insecticida ecológico	( <i>spinosad</i> ) al 5 %	70 mL/ha	0	0	0
T6.	Insecticida comercial	( <i>spinosad</i> al 11.6 %)	100 mL/ha	0	0	0
T7.	Testigo sin aplicación		N/A	NA	NA	N/A

### XIII. DISCUSIÓN

El spinosad es una mezcla de espinosinas A y D, macrólidos tetracíclicos producidos por el actinomiceto *Saccharopolyspora spinosa*. Su actividad insecticida se debe a su acción neurotóxica, dirigida principalmente a los receptores nicotínicos de acetilcolina, con participación sobre receptores GABA, lo que provoca cese de alimentación, parálisis y muerte del insecto (Williams & Viñuela, 2003). Debido a su bajo impacto ambiental y su toxicidad reducida en mamíferos y organismos benéficos, el spinosad ha sido ampliamente integrado en programas de manejo integrado de plagas como una alternativa biorracional eficiente (Williams & Viñuela, 2003).

Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con la efectividad demostrada previamente en distintas especies plaga de importancia agrícola. Jones et al. (2005) reportaron que aplicaciones foliares de spinosad en pepino bajo invernadero causaron mortalidades superiores al 90% en *Frankliniella occidentalis*, con baja toxicidad hacia enemigos naturales como *Amblyseius cucumeris* y *Orius insidiosus*. De manera similar, Bratu et al. (2015) observaron eficacias de hasta 99% contra *Tuta absoluta* en tomate (120 g i.a./ha), incluso 28 días después de una sola aplicación. Asimismo, Van Leeuwen (2005) describió propiedades sistémicas del spinosad y su potencial para controlar *Tetranychus urticae* en tomate incluso a bajas dosis.

En el presente estudio, las cuatro dosis evaluadas del formulado agroecológico a base de espinosinas mostraron una tendencia general ascendente en su eficacia, evidenciando un comportamiento dosis-respuesta en el control de *Plutella xylostella*. La dosis de 60 mL/ha registró el mayor nivel de control, alcanzando 91.3% de eficacia a los 14 días, lo que confirma su elevado potencial biológico.

Es importante destacar que los tratamientos T1 (30 mL/ha), T2 (40 mL/ha), T3 (50 mL/ha) T4 (60 mL/ha) y T5 (70 mL/ha) lograron eficacias superiores al 85% para el control de *P. xylostella* (21 días después de la aplicación). Estos resultados demuestran que el formulado agroecológico a base de espinosinas ofrece un desempeño comparable al de productos comerciales previamente reportados en literatura, confirmando su viabilidad como alternativa para el control de lepidópteros plaga en brócoli, particularmente bajo condiciones de producción comercial como las observadas en Palmar de Bravo, Puebla.

En conjunto, los hallazgos corroboran que el spinosad, aún en formulaciones agroecológicas evaluadas a dosis relativamente bajas, puede proporcionar un control eficiente y sostenido de *P. xylostella*, reforzando su importancia dentro de estrategias de manejo sustentable.



#### XIV. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir que el producto ecológico a base de espinosinas evaluado en dosis de 30, 40, 50, 60 y 70 mL/ha no generó síntomas de fitotoxicidad en el cultivo de brócoli, de acuerdo con la escala propuesta por la EWRS. Esto confirma que las dosis estudiadas son seguras para el cultivo bajo las condiciones ambientales y de manejo del ensayo.

Asimismo, se determinó que las mismas dosis del producto ecológico lograron eficacias superiores al 85% en la tercera evaluación para el control de palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*), lo cual demuestra su alto potencial biológico y su viabilidad como alternativa de manejo para estas plagas en sistemas de producción de brócoli en campo abierto.

Desde el punto de vista estadístico, los datos experimentales cumplieron con el supuesto de homogeneidad de varianzas según la prueba de Levene, respaldando la calidad del ensayo y la consistencia de los resultados. Adicionalmente, las pruebas de normalidad indicaron valores de probabilidad ( $Pr < W$ ) mayores a 0.05 en todas las evaluaciones, lo que confirma que los errores se distribuyeron de manera normal. Esto constituye evidencia sólida de validez estadística, garantizando que las interpretaciones derivadas del análisis son confiables.

En conjunto, los hallazgos evidencian que el producto ecológico a base de espinosinas representa una opción eficaz y segura para el manejo de *P. xylostella* en brócoli, contribuyendo a estrategias de manejo integrado de plagas con enfoque sustentable.

## XV. REFERENCIAS

- Abellán, J., & Contreras, J. (2014). Stability of spinosad resistance in *Frankliniella occidentalis* (Pergande) under laboratory conditions. *Bulletin of Entomological Research*.
- Almaraz-Valle, V. M., Medrano-Pedroza, M., Ramírez-Cerón, D., & Lagunes-Tejeda, Á. (2025). La palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): una plaga de importancia mundial. *Bioagrobiocencias*, 18(2).
- Biondi, A., Desneux, N., Siscaro, G., & Zhang, J. (2012). The spinosyn family of insecticides: realizing the potential of natural products research. *Pest Management Science*, 68(8), 1115-1125. <https://doi.org/10.1002/ps.3331>
- Björkman, T., et al. (2020). From landrace to modern hybrid broccoli: The genomic and morphological domestication syndrome within *Brassica oleracea*. *Horticulture Research*, 7(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41438-020-00375-0>
- Bratu, E., Petcuci, A. M., & Sovarel, G. (2015). Efficacy of the product Spinosad an insecticide used in the control of tomato leafminer (*Tuta absoluta*-Meyrick, 1917).
- Contreras Pedraza, C. A., Cárdenas Solano, L. J., & Morales Castañeda, A. (2022). *Escaneo científico: Spinosad*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA. <https://hdl.handle.net/20.500.12324/38939>
- De la Cruz Abarca, C. (2018). *Manejo ecológico de plagas*. *LEISA Revista de Agroecología*, 34(1). Recuperado de <https://leisa-al.info/index.php/journal/article/view/195>
- Fertilab. (2025) fer. *Enfermedades de las Brassicas*. México: Fertilab. [https://www.fertilab.com.mx/AdminFertilab/Notas\\_Tecnicas/pdf\\_nota/Enfermedades\\_de\\_las\\_Brassicas.pdf](https://www.fertilab.com.mx/AdminFertilab/Notas_Tecnicas/pdf_nota/Enfermedades_de_las_Brassicas.pdf)
- Fernández, C., Liett, M., & Montero, G. (2013). *Ensamblajes de insectos herbívoros y benéficos en Brassicaceae de cultivos y bordes en agroecosistemas extensivos y huertas agroecológicas*. II Jornadas Técnicas de Agricultura Urbana, Zavalla
- Fields, P. G., Subramanyam, B., & Arthur, F. H. (2002). Effectiveness of Spinosad on Four Classes of Wheat Against Five Stored-Product Insects. *Journal of Economic Entomology*, 95(3), 640-645

Fontanet i Roig, R., & Vila Pascual, A. (2014). *Plagas y enfermedades de hortalizas: diagnóstico y manejo*. Ediciones Agropecuarias.

Fraire-Cordero, L., López-García, F., & Rodríguez-Guzmán, E. (2007). Importancia del brócoli y afectaciones por enfermedades en zonas productoras de México. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 28(3), 175–182. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v28n3/2007-4034-rcsh-28-03-175.pdf>

Fundación Hogares Juveniles Campesino. (2010). *Cultivo ecológico de hortalizas* (DVD ed.). Lexus Editores.

García Domínguez, C. (2019). *Caracterización de los factores de riesgo asociados a los sistemas de producción de hortalizas en la enfermedad hernia de las crucíferas*. Colombia: Minciencias. <https://repositorio.minciencias.gov.co/entities/publication/13ad8a65-df3d-4307-9b6b-0e6ba4c664de>

García Marí, F., & Ferragut Pérez, M. (2020). *Control integrado de plagas en cultivos hortícolas*. Editorial Agrícola.

Jones, T., Scott-Dupree, C., Harris, R., Shipp, L., & Harris, B. (2005). The efficacy of spinosad against the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, and its impact on associated biological control agents on greenhouse cucumbers in southern Ontario. *Pest Management Science*, 61(2), 179–185.

Madloo, P., Rodríguez, V. M., Ramos, M., & Lema, M. (2017). La enfermedad del moho blanco de las brásicas. *Horticultura*. <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/184513-La-enfermedad-del-moho-blanco-de-las-brasicas.htm>

Mena Guerrero, J., & Hernández Fernández, J. (2017). Brasicáceas y perspectivas de control biológico del insecto plaga *Plutella xylostella* (Lepidóptera: Plutellidae) utilizando *Bacillus thuringiensis*. *Revista Mutis*, 7(2), 7–22. <https://doi.org/10.21789/22561498.1245>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [MAPA]. (2021). *Informe del Sector de las Hortalizas en España*.

Miranda Ortiz, F. (1989). *Estimación del nivel de daño económico de la palomilla de la col (Plutella xylostella L.) en el cultivo de repollo (Brassica oleracea var. superette)* [Tesis PDF]. Universidad Nacional Agraria (UNA). <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/2619>

Morales Masaya, J. (1995). *Moscas blancas y otras plagas de crucíferas*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

Ochoa Fuentes, Y. M., Rodríguez-Rodríguez, J. F., Cerna-Chávez, E., & Guevara-Acevedo, L. P. (2021). Susceptibilidad a plaguicidas de la polilla de las crucíferas (*Plutella xylostella* L.) en el centro de México. *ITEA – Información Técnica Económica Agraria*, 117(3), 291–302. <https://doi.org/10.12706/itea.2021.014>

Pardo, G. P., Aguilar, C. H., Martínez, F. R., Pacheco, F. A. D., Ortiz, E. M., & González, C. L. M. (2015). Efecto de la luz led de alta intensidad sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* L.). *Polibotánica*, 0(40). <https://doi.org/10.18387/polibotanica.40.13>

Philips, C. R., Fu, Z., Kuhar, T. P., Shelton, A. M., & Cordero, R. J. (2014). Natural history, ecology, and management of diamondback moth (*Lepidoptera: Plutellidae*), with emphasis on the United States. *Journal of Integrated Pest Management*, 5(3), D1–D11.

Pineda Tinoco, J. (1993). *Evaluación económica de diferentes criterios de aplicación para el control de Plutella xylostella L. en el cultivo de repollo (Brassica oleracea L.) en época de primera* [Tesis PDF]. Universidad Nacional Agraria (UNA). <https://repositorio.una.edu.ni/1674>

Reche Mármol, J. (2015). *Plagas y enfermedades de las hortalizas en invernadero*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Rubatzky, V. E., & Yamaguchi, M. (2012). *World vegetables: Principles, production, and nutritive values* (2nd ed.). Springer.

Sandoval Becerra, J. G., & Camacho Torres, Y. M. (2024). Eficacia del Spinosad con coadyuvantes en el control de *Frankliniella occidentalis* bajo condiciones de laboratorio. *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 22(2), 103–112. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v22.n2.2024.2245>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2023). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, México.

Thompson, G. D., & Sparks, T. C. (2002). Development of Spinosad and Attributes of a New Class of Insect Control Products. *Radcliffe's IPM World Textbook*.

Tirilly, Y., & Bourgeois, C. M. (2002). *Tecnología de las hortalizas*. Acribia Editorial.

Toledo H., J. (2003). *El Cultivo del Brócoli* (1st ed.). INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGRARIA - INIA.  
<https://repositorio.inia.gob.pe/server/api/core/bitstreams/c9598c9d-9f1b-4a15-aa8e-26e2edd82ff4/content>

UC IPM (University of California Integrated Pest Management Program). (1992). *Integrated Pest Management for Cole Crops and Lettuce* (Publication No. 3307). University of California, Agriculture and Natural Resources.  
[https://ipm.ucanr.edu/IPMPROJECT/ADS/manual\\_colecropslettuce.html](https://ipm.ucanr.edu/IPMPROJECT/ADS/manual_colecropslettuce.html)

Valverde-Rodríguez, A., Briceño-Yen, H., Álvarez-Benaute, L., & Tineo-Arbi, M. (2021). Estrategia de componentes para el manejo integrado de *Plutella xylostella* L. en brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Revista Ciencia UNEMI*, 14(37), 101–110.  
<https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol14iss37.2021pp101-110p>

Van Leeuwen, T., Dermauw, W., Van De Veire, M., & Tirry, L. (2005). Systemic use of spinosad to control the two-spotted spider mite (*Acarí: Tetranychidae*) on tomatoes grown in rockwool. *Experimental & Applied Acarology*, 37, 93–105.

Ware, G. W., & Whitacre, D. M. (2004). *The pesticide book* (6th ed.). Willoughby, OH: Meister Media Worldwide.

Williams, T., Valle, J., & Viñuela, E. (2003). Is the naturally derived insecticide Spinosad® compatible with insect natural enemies? *Biocontrol Science and Technology*, 13(5), 459–475.

## XVI. APÉNDICE

### XVI.I. Información recabada en campo (evaluación previa)

#### Palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*)

UE	TRAT	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	TRAT	LV
1	T1	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	6.0	4.0	5.0	5.0	T1	4.60
7	T2	5.0	6.0	4.0	4.0	6.0	3.0	2.0	5.0	7.0	4.0	T2	4.60
4	T3	3.0	6.0	4.0	5.0	1.0	6.0	4.0	3.0	4.0	2.0	T3	3.80
8	T4	4.0	2.0	4.0	6.0	6.0	5.0	5.0	6.0	4.0	7.0	T4	4.90
3	T5	4.0	2.0	3.0	2.0	5.0	4.0	6.0	6.0	5.0	4.0	T5	4.10
13	T6	4.0	6.0	5.0	4.0	4.0	5.0	6.0	4.0	3.0	2.0	T6	4.30
2	T7	4.0	5.0	5.0	6.0	4.0	5.0	6.0	6.0	2.0	4.0	T7	4.70
5	T1	5.0	6.0	6.0	3.0	2.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	T1	4.50
15	T2	4.0	5.0	5.0	6.0	5.0	4.0	8.0	5.0	5.0	1.0	T2	4.80
17	T3	1.0	1.0	2.0	2.0	4.0	5.0	8.0	8.0	5.0	4.0	T3	4.00
11	T4	2.0	5.0	5.0	4.0	2.0	2.0	1.0	2.0	5.0	6.0	T4	3.40
10	T5	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	2.0	2.0	1.0	5.0	4.0	T5	3.70
18	T6	4.0	5.0	8.0	5.0	5.0	4.0	6.0	5.0	4.0	2.0	T6	4.80
6	T7	4.0	5.0	5.0	1.0	2.0	2.0	1.0	5.0	4.0	8.0	T7	3.70
12	T1	4.0	6.0	6.0	5.0	4.0	5.0	2.0	2.0	1.0	4.0	T1	3.90
24	T2	4.0	2.0	2.0	5.0	4.0	5.0	5.0	6.0	4.0	5.0	T2	4.20
23	T3	4.0	5.0	5.0	2.0	6.0	5.0	8.0	5.0	4.0	1.0	T3	4.50
16	T4	2.0	5.0	4.0	4.0	7.0	5.0	5.0	6.0	5.0	4.0	T4	4.70
20	T5	7.0	5.0	4.0	2.0	5.0	4.0	5.0	6.0	4.0	2.0	T5	4.40
22	T6	2.0	1.0	4.0	4.0	5.0	2.0	5.0	6.0	6.0	7.0	T6	4.20
9	T7	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	2.0	3.0	4.0	T7	4.10
19	T1	4.0	4.0	3.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	3.0	5.0	T1	4.10
27	T2	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	2.0	6.0	5.0	T2	4.10
25	T3	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	4.0	5.0	T3	3.70
21	T4	5.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	5.0	5.0	6.0	2.0	T4	4.20
28	T5	3.0	3.0	2.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	3.0	5.0	T5	3.80
26	T6	5.0	4.0	3.0	5.0	4.0	4.0	4.0	3.0	5.0	5.0	T6	4.20
14	T7	4.0	3.0	3.0	2.0	3.0	4.0	4.0	5.0	4.0	6.0	T7	3.80

## XVI.II. Información recabada en campo (primera evaluación)

### Palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*)

UE	TRAT	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	TRAT	LV
1	T1	2.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	1.0	T1	0.90
7	T2	1.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.0	T2	0.80
4	T3	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	2.0	2.0	T3	0.80
8	T4	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	1.0	1.0	0.0	2.0	0.0	T4	0.70
3	T5	1.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	2.0	T5	0.60
13	T6	0.0	1.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	3.0	1.0	0.0	T6	0.70
2	T7	6.0	5.0	4.0	4.0	5.0	2.0	5.0	4.0	8.0	4.0	T7	4.70
5	T1	2.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	0.0	0.0	1.0	3.0	T1	1.00
15	T2	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	3.0	2.0	T2	0.80
17	T3	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	3.0	1.0	0.0	1.0	0.0	T3	0.70
11	T4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	2.0	0.0	2.0	0.0	T4	0.60
10	T5	1.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	T5	0.60
18	T6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	3.0	1.0	0.0	T6	0.60
6	T7	2.0	3.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	6.0	1.0	5.0	T7	4.10
12	T1	1.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.0	3.0	1.0	2.0	0.0	T1	1.20
24	T2	2.0	0.0	0.0	2.0	2.0	0.0	1.0	0.0	0.0	2.0	T2	0.90
23	T3	2.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	2.0	0.0	T3	0.90
16	T4	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.0	T4	0.70
20	T5	1.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	T5	0.40
22	T6	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	1.0	T6	0.60
9	T7	5.0	6.0	4.0	4.0	1.0	5.0	2.0	6.0	7.0	2.0	T7	4.20
19	T1	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	2.0	1.0	2.0	1.0	T1	1.00
27	T2	3.0	0.0	0.0	1.0	0.0	2.0	2.0	1.0	0.0	0.0	T2	0.90
25	T3	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	3.0	2.0	0.0	T3	0.90
21	T4	0.0	0.0	2.0	3.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	T4	0.60
28	T5	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	T5	0.60
26	T6	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	0.0	T6	0.50
14	T7	5.0	4.0	4.0	6.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	T7	4.20

### XVI.III Información recabada en campo (segunda evaluación)

#### Palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*)

UE	TRAT	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	TRAT	LV
1	T1	1.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0	1.0	1.0	2.0	T1	0.80
7	T2	1.0	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	T2	0.60
4	T3	0.0	0.0	1.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	T3	0.40
8	T4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	1.0	0.0	T4	0.40
3	T5	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	T5	0.30
13	T6	0.0	0.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	T6	0.50
2	T7	4.0	2.0	3.0	3.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	T7	4.00
5	T1	1.0	0.0	0.0	2.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	2.0	T1	0.80
15	T2	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0	0.0	0.0	T2	0.60
17	T3	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0	0.0	T3	0.50
11	T4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	0.0	2.0	0.0	T4	0.50
10	T5	1.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	T5	0.50
18	T6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0	0.0	0.0	T6	0.40
6	T7	6.0	4.0	4.0	5.0	5.0	2.0	6.0	4.0	6.0	3.0	T7	4.50
12	T1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	T1	0.80
24	T2	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	2.0	1.0	0.0	T2	0.70
23	T3	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	T3	0.60
16	T4	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	T4	0.50
20	T5	1.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	T5	0.40
22	T6	2.0	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	T6	0.60
9	T7	4.0	1.0	2.0	6.0	5.0	4.0	4.0	5.0	3.0	6.0	T7	4.00
19	T1	1.0	2.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.0	3.0	0.0	T1	0.90
27	T2	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	2.0	T2	0.60
25	T3	0.0	1.0	0.0	2.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	T3	0.50
21	T4	0.0	1.0	1.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	T4	0.50
28	T5	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	T5	0.30
26	T6	1.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	T6	0.50
14	T7	6.0	6.0	5.0	2.0	0.0	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	T7	4.20



#### XVI.IV. Información recabada en campo (tercera evaluación)

##### Palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*)

UE	TRAT	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	TRAT	LV
1	T1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	2.0	1.0	2.0	0.0	T1	0.60
7	T2	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	T2	0.40
4	T3	0.0	2.0	2.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	T3	0.70
8	T4	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.0	2.0	T4	0.60
3	T5	1.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	T5	0.40
13	T6	0.0	1.0	0.0	0.0	2.0	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	T6	0.60
2	T7	4.0	5.0	4.0	3.0	4.0	5.0	6.0	2.0	4.0	5.0	T7	4.20
5	T1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0	1.0	2.0	0.0	T1	0.60
15	T2	0.0	1.0	2.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	T2	0.60
17	T3	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	T3	0.40
11	T4	1.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T4	0.30
10	T5	1.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T5	0.30
18	T6	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	T6	0.30
6	T7	0.0	3.0	2.0	5.0	5.0	4.0	4.0	8.0	8.0	4.0	T7	4.30
12	T1	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	1.0	0.0	T1	0.60
24	T2	1.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	T2	0.60
23	T3	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	2.0	T3	0.60
16	T4	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	T4	0.30
20	T5	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T5	0.30
22	T6	1.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	T6	0.40
9	T7	4.0	5.0	6.0	4.0	5.0	4.0	0.0	7.0	5.0	4.0	T7	4.40
19	T1	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	2.0	1.0	0.0	2.0	0.0	T1	0.70
27	T2	2.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	T2	0.70
25	T3	1.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	T3	0.50
21	T4	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T4	0.30
28	T5	1.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T5	0.30
26	T6	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	T6	0.30
14	T7	4.0	5.0	4.0	4.0	1.0	2.0	5.0	5.0	6.0	7.0	T7	4.30

## XVI.V Análisis estadístico

### Palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*)

Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
trat	7	T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7

Número de observaciones 28  
Sistema SAS 21:04 Tuesday, August 1, 2024 16

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Prev

Fuente	Suma de DF	Cuadrado de cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	0.76857143	0.12809524	0.76	0.6076
Error	21	3.53000000	0.16809524		
Total correcto	27	4.29857143			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Prev Media
0.178797	9.745193	0.409994	4.207143

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
trat	6	0.76857143	0.12809524	0.76	0.6076

Sistema SAS 21:04 Tuesday, August 1, 2024 17

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Prev  
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

Fuente	Suma de DF	Cuadrado de la cuadrados	media	F-Valor	Pr > F
trat	6	0.2237	0.0373	1.47	0.2356
Error	21	0.5318	0.0253		

Sistema SAS 21:04 Tuesday, August 1, 2024 18

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Prev

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	21
Error de cuadrado medio	0.168095

Valor crítico del rango estudentizado 4.59730  
Diferencia significativa mínima 0.9424

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	4.4250	4	T2
A			
A	4.3750	4	T6
A			
A	4.3000	4	T4
A			
A	4.2750	4	T1
A			
A	4.0750	4	T7
A			
A	4.0000	4	T5
A			
A	4.0000	4	T3

#### Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
trat	7	T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7

Número de observaciones 28  
Sistema SAS 21:04 Tuesday, August 1, 2024 34

#### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev1

Fuente	Suma de DF	Cuadrado de cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	43.86357143	7.31059524	420.61	<.0001
Error	21	0.36500000	0.01738095		
Total correcto	27	44.22857143			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Ev1 Media
0.991747	10.48702	0.131837	1.257143

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
trat	6	43.86357143	7.31059524	420.61	<.0001
		Sistema SAS	21:04 Tuesday, August 1, 2024	35	

#### Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev1  
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

Fuente	DF	Cuadrado		F-Valor	Pr > F
		Suma de	de la		
		cuadrados	media		
trat	6	0.00847	0.00141	1.80	0.1471
Error	21	0.0164	0.000783		
Sistema SAS 21:04 Tuesday, August 1, 2024 36					

#### Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev1

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	21
Error de cuadrado medio	0.017381
Valor crítico del rango estudentizado	4.59730
Diferencia significativa mínima	0.303

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	4.30000	4	T7
B	1.02500	4	T1
B			
C B	0.85000	4	T2
C B			
C B	0.82500	4	T3
C			
C	0.65000	4	T4
C			
C	0.60000	4	T6
C			
C	0.55000	4	T5
Sistema SAS 21:04 Tuesday, August 1, 2024 37			

#### Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
trat	7	T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7

Número de observaciones	28
Sistema SAS	21:04 Tuesday, August 1, 2024 52

#### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev2

Fuente	DF	Cuadrado		F-Valor	Pr > F
		Suma de	de la		
		cuadrados	media		
Modelo	6	45.54357143	7.59059524	619.04	<.0001
Error	21	0.25750000	0.01226190		

Total correcto 27 45.80107143

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Ev2 Media
0.994378	10.36969	0.110733	1.067857

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
trat	6	45.54357143	7.59059524	619.04	<.0001
Sistema SAS 21:04 Tuesday, August 1, 2024 53					

#### Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev2  
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

Fuente	DF	Cuadrado Suma de de la cuadrados	media	F-Valor	Pr > F
trat	6	0.00508	0.000846	2.78	0.0378
Error	21	0.00639	0.000304		
Sistema SAS 21:04 Tuesday, August 1, 2024 54					

#### Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev2

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	21
Error de cuadrado medio	0.012262
Valor crítico del rango estudentizado	4.59730
Diferencia significativa mínima	0.2545

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	4.17500	4	T7
B	0.82500	4	T1
B			
C B	0.62500	4	T2
C			
C	0.50000	4	T6
C			
C	0.50000	4	T3
C			
C	0.47500	4	T4
C			
C	0.37500	4	T5
Sistema SAS 21:04 Tuesday, August 1, 2024 55			

#### Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
trat	7	T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7

Número de observaciones 28  
Sistema SAS 21:04 Tuesday, August 1, 2024 70

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ev3

Fuente	Suma de DF	Cuadrado de cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	50.46714286	8.41119048	679.37	<.0001
Error	21	0.26000000	0.01238095		
Total correcto	27	50.72714286			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Ev3 Media
0.994875	10.89354	0.111270	1.021429

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
trat	6	50.46714286	8.41119048	679.37	<.0001
		Sistema SAS	21:04 Tuesday, August 1, 2024	71	

Procedimiento ANOVA

Test de Levene para homogeneidad de la varianza Ev3  
ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo

Fuente	Suma de DF	Cuadrado de la cuadrados	media	F-Valor	Pr > F
trat	6	0.000942	0.000157	0.92	0.4990
Error	21	0.00357	0.000170		
		Sistema SAS	21:04 Tuesday, August 1, 2024	72	

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ev3

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	21
Error de cuadrado medio	0.012381
Valor crítico del rango estudentizado	4.59730
Diferencia significativa mínima	0.2558

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	4.30000	4	T7
B	0.62500	4	T1
B			
C B	0.57500	4	T2
C B			
C B	0.55000	4	T3
C B			
C B	0.40000	4	T6
C B			
C B	0.37500	4	T4
C			
C	0.32500	4	T5

**XVI.VI. Variables meteorológicas del sitio experimental**

<b>Fecha</b>	<b>max</b>	<b>min</b>	<b>med</b>
29/06/2024	32	14	23
01/07/2024	20	15	17.5
02/07/2024	25	14	19.5
03/07/2024	25	12	18.5
04/07/2024	27	13	20
05/07/2024	27	10	18.5
06/07/2024	26	10	13.5
07/07/2024	27	14	20.5
08/07/2024	29	14	21.5
09/07/2024	26	15	20.5
10/07/2024	20	15	17.5
11/07/2024	25	14	19.5
12/07/2024	25	13	19
13/07/2024	24	13	18.5
14/07/2024	25	13	19
15/07/2024	27	12	19.5
16/07/2024	28	14	21
17/07/2024	29	13	21
18/07/2024	22	14	18
19/07/2024	26	14	20
20/07/2024	26	11	18.5



## XVI.VII. Imágenes del estudio de campo

