



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto
Tecnológico

“2021: Año de la independencia”

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE MORELIA

“EVALUACIÓN DE *Barbarea vulgaris* (Brassicaceae) COMO CULTIVO TRAMPA PARA EL CONTROL DE *Plutella xylostella* (Plutellidae: Lepidoptera) EN EL CULTIVO DE CRUCÍFERAS EN EL ESTADO DE GUANAJUATO.”

TESIS PROFESIONAL

QUE PRESENTA:

CITLALLI ABIGAIL BUCIO ARGÜELLES

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERÍA EN AGRONOMÍA

ASESOR:

ALEJANDRO ROMERO BAUTISTA

MORELIA, MICHOACÁN, NOVIEMBRE 2021



Km 6.5 Carretera Morelia -
Salamanca, C.P. 58100 Morelia,
Mich.

Tel: 4433500660

e-mail: dir_vmorelia@tecnm.mx
tecnm.mx | vmorelia.tecnm.mx





ANEXO XXXIII. FORMATO DE LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Morelia, Michoacán; a 08 de septiembre del 2021

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral.

C. ALBERTO MILLÁN MONTAÑEZ
JEFE DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre del estudiante y/o egresado:	Citlalli Abigail Bucio Argüelles
Carrera:	Ingeniería en Agronomía
No. de control:	16850258
Nombre del proyecto:	"Evaluación de Barbarea vulgaris (<i>Brassicaceae</i>) como cultivo trampa para el control de <i>Plutella xylostella</i> (<i>Plutellidae: Lepidóptera</i>) en el cultivo de crucíferas en el estado de Guanajuato."
Producto:	Tesis

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE



Adriana Fernández Pérez

ADRIANA FERNÁNDEZ PÉREZ

JEFA DE INGENIERÍAS (CIENCIAS AGROPECUARIAS)

ALEJANDRO ROMERO BAUTISTA	FRANCISCO JAVIER JARA GARCÍA	ESTEBAN MACÍAS PADILLA	SEBASTIAN SÁNCHEZ SUÁREZ

* solo aplica para el caso de tesis o tesina
c.c.p.- Expediente.



Km 6.5 Carretera Morelia - Salamanca, C.P.
58100 Morelia, Mich. Tel: 4433500660
e-mail: dir_vmorlia@tecnm.mx
tecnm.mx | vmorlia.tecnm.mx



AGRADECIMIENTOS

A mi papá: Por ser mi gran inspiración para lograr este sueño, por enseñarme con el ejemplo que con trabajo duro cualquier meta se puede cumplir. Por ser mi roca y mi puerto seguro cuando vago a la deriva, gracias por todos los sacrificios que haces por mí.

A mi mamá: Por ser mi apoyo incondicional, por cuidarme y acompañarme. Sobre todo gracias por impulsarme cuando creo que ya no puedo seguir, y muchas gracias por hacer una niña fuerte e independiente.

A mis hermanos: Por ser lo más bonito de mi vida, gracias por todo el amor, las risas, los juegos, la complicidad, las peleas, gracias por distraerme en la madrugada cuando necesitaba concentrarme en el proyecto.

A mi Morita: Por el amor tan inmenso que me da, por siempre estar al pendiente de mí y alegrarse hasta de mis pequeños logros.

A mis asesores: Por su tiempo, paciencia y grandes enseñanzas. Ing. Esteban gracias por la oportunidad, la disposición y las facilidades que me brindo para realizar este proyecto. Dr. Romero gracias por el apoyo, la confianza y su buena voluntad para enseñarme y corregirme.

A todo el equipo de Sanidad Vegetal de AGUILARES SPR de RL: Por sus valiosos conocimientos, experiencia, asesoría, colaboración y apoyo. Por hacerme sentir parte del equipo y por haberme cuidado durante estos meses. Gracias porque sin todos ustedes no lo hubiera logrado.

A mis amigos: Por compartir momentos, sueños, metas y algunos miedos también, gracias por los consejos y el apoyo a todos los que de alguna u otra forma me ayudaron a alcanzar esta meta.

RESUMEN

La palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella* L.) (Lepidoptera: Plutellidae), es una de las plagas más importantes de las crucíferas a nivel mundial. El uso continuo de plaguicidas redujo la presencia de los enemigos naturales que regulaban su población y ocasionó la aparición de resistencia a diversos ingredientes activos como piretroides, carbamatos, organofosforados y reguladores de crecimiento. La tendencia actual en la agricultura es disminuir el uso de agroquímicos sintéticos para el control de plagas; por ello, en la presente investigación se evaluó la efectividad de la hierba de Santa Bárbara (*Barbarea vulgaris*) como cultivo trampa para disminuir las poblaciones de esta plaga en el cultivo de brócoli. La evaluación se realizó en cuatro campos (San Daniel, Los Montes y San Pablo) de la empresa agrícola Aguilares SPR de RL, sembrados con cultivo de Brócoli var. Diamante, en la localidad de: Santa Cruz del municipio Juventino Rosas, estado de Guanajuato. Las variables medidas fueron: Presencia total de *P. xylostella* en porcentaje, número de huevos, número de huevos vacíos, número de larvas, número de larvas muertas y número de pupas, en una muestra de 50 plantas tanto de brócoli como de hierba de Santa Bárbara distribuidas mediante un muestreo sistemático en cada uno de los cuatro campos. El cultivo trampa se plantó en las cabeceras de los surcos del cultivo de brócoli. Los resultados de este estudio demuestran la eficacia de *Barbarea vulgaris* como cultivo trampa, toda vez que de acuerdo con los datos atrajo en 40% de las plantas a la palomilla dorso de diamante a ovipositar sobre sus hojas, sin permitir que las larvas completaran su ciclo biológico, en comparación con el brócoli quien tuvo una incidencia del 25% de *P. xylostella* y en ésta si se encontraron pupas. Por lo anterior, es pertinente recomendar el uso de *Barbarea vulgaris* como parte del manejo integrado de *P. xylostella* en el cultivo de brócoli.

SUMMARY

The diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) (Lepidoptera: Plutellidae), is one of the most important pests of crucifers worldwide. The continuous use of pesticides reduced the presence of the natural enemies that regulated its population and caused the appearance of resistance to various active ingredients such as pyrethroids, carbamates, organophosphates and growth regulators. The current trend in agriculture is to reduce the use of synthetic agrochemicals for pest control; Therefore, in the present investigation the effectiveness of Santa Barbara grass (*Barbarea vulgaris*) was evaluated as a trap crop to reduce the populations of this pest in broccoli crops. The evaluation was carried out in four fields (San Daniel, Los Montes and San Pablo) of the agricultural company Aguilares SPR de RL, planted with Broccoli var. Diamante, in the locality of: Santa Cruz of the Juventino Rosas municipality, Guanajuato state. The variables measured were: Total presence of *P. xylostella* in percentage, number of eggs, number of empty eggs, number of larvae, number of dead larvae and number of pupae, in a sample of 50 plants of both broccoli and Santa Barbara grass distributed by systematic sampling in each of the four fields. The trap crop was planted in the headwaters of the broccoli crop rows. The results of this study demonstrate the efficacy of *Barbarea vulgaris* as a trap crop, since according to the data it attracted the diamondback moth in 40% of the plants to oviposit on their leaves, without allowing the larvae to complete their cycle biological, in comparison with broccoli which had a 25% incidence of *P. xylostella* and in this one if pupae were found. Therefore, it is pertinent to recommend the use of *Barbarea vulgaris* as part of the integrated management of *P. xylostella* in broccoli cultivation.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2.1.	Objetivos	3
2.1.1.	General	3
2.1.2.	Específicos	3
2.2.	Justificación	3
3.	DEFINICIÓN DEL ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	5
4.	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	5
5.	MARCO TEÓRICO	6
5.1.	Generalidades de <i>Barbarea vulgaris</i>	6
5.1.1.	Origen y usos	7
5.1.2.	Clasificación taxonómica.....	7
5.2.	Morfología y fisiología del crecimiento	7
5.3.	Requerimientos Edafoclimaticos	9
5.4.	Uso como cultivo trampa	9
5.5.	Generalidades de <i>Plutella xylostella</i>	10
5.5.1.	Clasificación taxonómica.....	11
5.5.2.	Ciclo de vida y hábitos.....	11
5.5.3.	Descripción morfológica.....	12
5.5.3.1.	Huevo.....	12
5.5.3.2.	Larva	13
5.5.2.3.	Prepupa y pupa.....	15
5.5.2.4.	Adulto	16
5.5.2.5.	Daño	17
5.5.2.6.	Métodos de control	19
	Control cultural	19
	Control biológico	19
	Control químico	21
6.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
6.1.	Ubicación de lugar de la investigación.	22

6.2.	Variables estudiadas por campo	23
6.3.	Desarrollo del experimento.....	23
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
7.1.	Campo San Daniel	25
7.2.	Campo Caminos.....	27
7.3.	Campos Los Montes	30
7.4.	Campo San Pablo.....	32
7.5.	Todos los campos.....	34
8.	CONCLUSIONES	36
9.	RECOMENDACIONES.....	37
10.	BIBLIOGRAFÍA	38
11.	ANEXOS	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de <i>Barbarea vulgaris</i> , tomada en campo San Daniel de Aguilares SPR de RL, 2020. (Fotografía propia).....	6
Figura 2. <i>Barbarea vulgaris</i> (1) semilla, (2) plántula-germinación, (3) roseta de caulina-planta joven, (4) floración-adulto. (MacDonald y Cavers, 1991).	8
Figura 3. Productos de la reacción de glucosinolatos con mirosinasa. (Obregón, 2016).	10
Figura 4. Huevos de <i>P. xylostella</i> sobre una hoja de hierba de Santa Bárbara. (Fotografía propia).....	12
Figura 5. Huevo de <i>P. xylostella</i> en el envés de hoja de Brócoli. (Fotografía propia).	13
Figura 6. Larva de <i>P. xylostella</i> segundo instar. (Fotografía propia).	14
Figura 7. Larvas de <i>P. xylostella</i> tercer y cuarto instar. (Fotografía propia).	14
Figura 8. Larva de <i>P. xylostella</i> tercer instar. (Fotografía propia).	14
Figura 9. Prepupa de <i>P. xylostella</i> . (Fotografía propia).....	15
Figura 10. Pupas de <i>P. xylostella</i> . (Fotografía propia).	15
Figura 11. Vista lateral adulto de <i>P. xylostella</i> . (Fotografía propia).	16
Figura 12. Vista superior adulto de <i>P. xylostella</i> . (Fotografía propia).	17
Figura 13. Vista inferior adulto de <i>P. xylostella</i> . (Fotografía propia).	17
Figura 14. Planta de <i>B. vulgaris</i> con daño por <i>P. xylostella</i> . (Fotografía propia).	18
Figura 15. <i>Cotesia plutellae</i> , parasitoide de <i>P. xylostella</i> . (Fotografía propia).	20
Figura 16. Pupa vacía de <i>Cotesia plutellae</i> después de haber parasitado a <i>P. xylostella</i> . (Fotografía propia).....	21
Figura 17. Ubicación de los campos de experimentación. Imagen tomada de Google Earth. ..	22
Figura 18. Charolas de germinación de <i>Barbarea vulgaris</i> . (Fotografías propias).	23
Figura 19. Campo San Daniel, Aguilares SPR de RL, con cultivo de brócoli y cultivo trampa hierba de Santa Bárbara. (Fotografía propia).	24
Figura 20. Presencia total de <i>P. xylostella</i> (porcentaje) en campo San Daniel, Aguilares SPR de RL.	26
Figura 21. Fluctuación de la presencia de <i>P. xylostella</i> en hierba de Santa Bárbara, campo San Daniel.	26
Figura 22. Fluctuación de la presencia de <i>P. xylostella</i> en brócoli, campo San Daniel.	27
Figura 23. Presencia total de <i>P. xylostella</i> (porcentaje) en campo Caminos, Aguilares SPR de RL.	28
Figura 24. Fluctuación de la presencia de <i>P. xylostella</i> en hierba de Santa Bárbara, campo Caminos.	29
Figura 25. Fluctuación de la presencia de <i>P. xylostella</i> en brócoli, campo Caminos.	29
Figura 26. Presencia total de <i>P. xylostella</i> (porcentaje) en campo Los Montes, Aguilares SPR de RL.	30
Figura 27. Fluctuación de la presencia de <i>P. xylostella</i> en hierba de Santa Bárbara, campo Los Montes.	31
Figura 28. Fluctuación de la presencia de <i>P. xylostella</i> en brócoli, campo Los Montes.	31
Figura 29. Presencia total de <i>P. xylostella</i> (porcentaje) en campo San Pablo, Aguilares SPR de RL.	32

Figura 30. Fluctuación de la presencia de <i>P. xylostella</i> en hierba de Santa Bárbara, campo San Pablo.	33
Figura 31. Fluctuación de la presencia de <i>P. xylostella</i> en brócoli, campo San Pablo.....	33
Figura 32. Presencia total de <i>P. xylostella</i> (porcentaje) en todos los campos.	35
Figura 33. Larvas muertas de <i>P. xylostella</i> sobre hierba de Santa Bárbara. (Fotografía propia).	35

1. INTRODUCCIÓN

La palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella* (L.)) es considerada la plaga más destructiva de las crucíferas en el mundo. Esta plaga se encuentra presente en todo lugar donde se cultiven crucíferas, se estima que esta especie cosmopolita es la más distribuida del orden Lepidoptera. (Talekar y Shelton, 1993).

La palomilla dorso de diamante se reportó por primera vez en México en 1960 en cultivos de col en el valle del yaqui, Son. Y en la región del bajo su presencia se registró en 1970 (Uribe, 2010). Esta especie adquirió importancia como plaga en México a partir de la década de los 80's cuando se incrementó el uso de insecticidas para el control de plagas en crucíferas (Bautista, 2000). Sin embargo, no es hasta 1987 cuando se convierte en una seria amenaza a tal intensidad que hubo varios campos de pérdida total. (Uribe, 2010).

Una de las razones para que la palomilla dorso de diamante sea considerada como la plaga más importante de las crucíferas, es su habilidad y rápido desarrollo de resistencia a todos los insecticidas usados para su control (Choque y Vilka, 2018). De hecho, a partir de 1993 la palomilla dorso de diamante ha sido el único insecto conocido que ha desarrollado resistencia a las toxinas de *Bacillus thuringiensis* (Bt) en el campo. (Shelton, et al, 2000).

Esta plaga ha sido tradicionalmente controlada con insecticidas de síntesis química, como piretroides, carbamatos, organofosforados y reguladores de crecimiento (Rosa, et al, 1997). Sin embargo, en diversas poblaciones de *P. xylostella* alrededor del mundo se ha verificado el desarrollo de resistencia a numerosos insecticidas, dificultando su manejo por esta vía (Sarfraz, et al, 2006). Se tienen reportes de resistencia de la *P. xylostella* a 51 insecticidas en 17 países (Silva, et al, 2002). Esto ha llevado a aumentar los esfuerzos a nivel mundial para el desarrollo de programas de manejo integrado de *P. xylostella*, que buscan la reducción de aplicaciones de insecticidas químicos, el reemplazo de productos tradicionalmente utilizados por nuevos productos sintéticos menos tóxicos y la integración de diferentes métodos de control, entre los que destaca el control biológico. (Gaugler, et al, 1997).

En la región del Bajío del Estado de Guanajuato, México, la *P. xylostella* reduce severamente el rendimiento y la calidad del brócoli. Si no se aplican insecticidas para su combate toda la producción puede perder su valor comercial. (Bujanós, et al, 2003). Por tales razones se están buscando nuevas alternativas de control de este insecto, investigando en fuentes naturales como lo son las plantas silvestres, para definir cuáles de ellas tienen un efecto de control. Gracias a varias investigaciones similares se conoce que muchas plantas ejercen alguna acción sobre *P. xylostella*, entre las que se tiene a la Hierba de Santa Bárbara (*Barbarea vulgaris*) que es un fuerte atrayente de este insecto, estimulando su ovoposición y luego provoca la muerte de *P. xylostella* por inanición. (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2010).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A través de los años el mayor control realizado sobre la palomilla dorso de diamante (*P. xylostella*) *Plutella xylostella* se ha llevado a cabo por medio de insecticidas, y la plaga ha demostrado habilidad para desarrollar poblaciones con resistencia a diferentes grupos toxicológicos que se emplean para su combate (carbamatos, piretroides, organofosforados, reguladores de crecimiento, etc), incluso a los de tipo biológico como *Bacillus thuringiensis*, en el presente proyecto se busca la integración de la hierba de Santa Bárbara (*Barbarea vulgaris*) como cultivo trampa para mantener la densidad poblacional de *P. xylostella* a un nivel aceptable de manejo.

2.1. Objetivos

2.1.1. General

Evaluar el uso de *Barbarea vulgaris* (Brassicaceae) como cultivo trampa para el control de *Plutella xylostella* (Plutellidae) en el cultivo de crucíferas en el Estado de Guanajuato.

2.1.2. Específicos

- Proponer el uso de un control alternativo al químico para la palomilla dorso diamante.
- Atraer insectos benéficos.
- Observar la capacidad de sobrevivencia y adaptación de *P. xylostella*.

2.2. Justificación

Las plantas están sujetas a estrés debido a condiciones ambientales cambiantes, y amenazadas por el ataque de herbívoros y de agentes patógenos. Por lo que han desarrollado diferentes mecanismos de defensa, estructurales y químicos; algunos de estos mecanismos son modificaciones en la textura de la hoja, la producción de compuestos orgánicos como ceras, y la síntesis de mayor o menor cantidad de metabolitos secundarios. (Nava, 2017).

En este caso, las plantas crucíferas producen glucosinolatos, tras daño mecánico de los tejidos vegetales (por ejemplo, causado por un insecto masticador), los glucosinolatos son hidrolizados por la enzima mirosinasa endógena de la planta. Esto conduce a la formación de una variedad de productos de degradación tóxicos, principalmente isotiocianatos para defenderse de insectos voraces.

Este mecanismo de defensa es muy eficaz contra la mayoría de los herbívoros. Sin embargo, la polilla dorso de diamante ha desarrollado mecanismos propios para burlar esta defensa: liberan proteínas en su saliva que impiden la unión de la mirosinasa a los glucosinolatos y, por tanto, la formación de los isotiocianatos tóxicos. (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2010).

La palomilla dorso de diamante se siente atraída a ovipositar en crucíferas por el olor de los glucosinolatos, dada su ventaja hacia estos, se aprovecha del mecanismo de defensa de la planta y protege sus huevos de otros insectos.

En la presente investigación se pretende probar la hierba de Santa Bárbara perteneciente a la familia de las crucíferas, que además de producir glucosinolatos para atraer a *P. xylostella*, contiene una sustancia que mata a la *P. xylostella* en estado larval.

3. DEFINICIÓN DEL ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación a realizar es de tipo experimental y exploratoria, toda vez que se realizará establecimiento en campo del cultivo trampa *Barbarea vulgaris* (Brassicaceae) para monitorear la incidencia de la palomilla *P. xylostella* en el mismo y también sobre el cultivo comercial.

Así mismo es de tipo correlacional y descriptiva, pues se analizan los datos como resultado del experimento y se realiza la explicación de los mismos con base en la revisión de la literatura científica

4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Ha. La palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostela*) es incapaz de completar su ciclo biológico sobre la hierba de Santa Bárbara (*Barbarea vulgaris*).

Ho. La hierba de Santa Bárbara (*Barbarea vulgaris*), no es útil como cultivo trampa contra la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostela*).

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Generalidades de *Barbarea vulgaris*

Barbarea vulgaris es una planta herbácea perenne de hasta 90 cm de altura, con porte erecto. Las hojas superiores están ligeramente divididas, a diferencia de las inferiores. Las flores son cruciformes, de color amarillo, y reunidas en racimos densos y grandes que forman una panícula (Figura 1).

Los frutos son siliques rectos, de patente erecta, 1-1.5 X 20-25 mm, atenuados en el ápice, con sección subtetragonal, con stylus de 2-3 mm, en pedúnculos de patente erecta de 3-5 mm. Semillas de 1.3-1.5 mm, ovoides o elipsoides, parduzcas. (MacDonald y Cavers, 1991).



Figura 1. Planta de *Barbarea vulgaris*, tomada en campo San Daniel de Aguilares SPR de RL, 2020. (Fotografía propia).

5.1.1. Origen y usos

Barbarea vulgaris es probablemente de origen mediterráneo y ahora es cosmopolita en las regiones templadas. (MacDonald y Cavers, 1991).

La hierba de Santa Bárbara es una planta europea con vigoroso aroma a berros. Las hojas jóvenes se pueden consumir como parte de una ensalada. Si la hierba se planta en el otoño, se puede cosechar en invierno, de ahí el nombre inglés y alemán "Berro de invierno".

El nombre genérico se deriva de la fiesta de Santa Bárbara (siglo XIV). La gente recogió rosetas de *B. vulgaris* para comer en celebración de esta fiesta de principios de primavera. Una muestra de 100 g de *B. vulgaris* proporciona más de 60 mg de vitamina C (la recomendación humana diaria). (MacDonald y Cavers, 1991).

5.1.2. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de la hierba de Santa Bárbara, según Aiton (1789):

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dilleniidae

Orden: Brassicales

Familia: Brassicaceae

Género: *Barbarea*

Especie: *Barbarea vulgaris*.

5.2. Morfología y fisiología del crecimiento

Pueden desarrollarse nuevas rosetas de yemas vegetativas en el sistema radicular.

Las rosetas surgen de manera similar a partir de fragmentos de raíces, expuesta a la luz del sol.

Las pequeñas semillas lisas de *B. vulgaris* se mezclan fácilmente en el suelo, formando bancos de semillas que permiten un establecimiento rápido cuando se repiten los sitios

disponibles de forma intermitente. Dado que la propagación vegetativa y la capacidad competitiva (especialmente con gramíneas) es limitada, esta dispersión de semillas y la latencia es uno de los principales factores que contribuyen a la maleza de *B. vulgaris*. Una descripción detallada de la morfología y anatomía de esta especie es proporcionada por Korsmo (1954).

Barbarea vulgaris pasa el invierno como semillas. Tras la maduración vegetativa de las semillas pueden desarrollarse brotes en la corona de la raíz (caudex) y en las ramas de las raíces que se encuentran cerca de la superficie del suelo. Varios tallos surgen de estas rosetas en la primavera siguiente. Más engrosamiento de la corona de la raíz, desarrollo de los brotes vegetativos y la formación de hojas pueden conducir a la perennización en un tercio (o más) de la temporada de crecimiento. Durante la invernada es más probable si el ramet se separa de la planta madre. (Figura 2). (MacDonald M. A., 1977).

Si se quitan los tallos florales cuando se están desarrollando, a menudo se forman nuevos tallos.

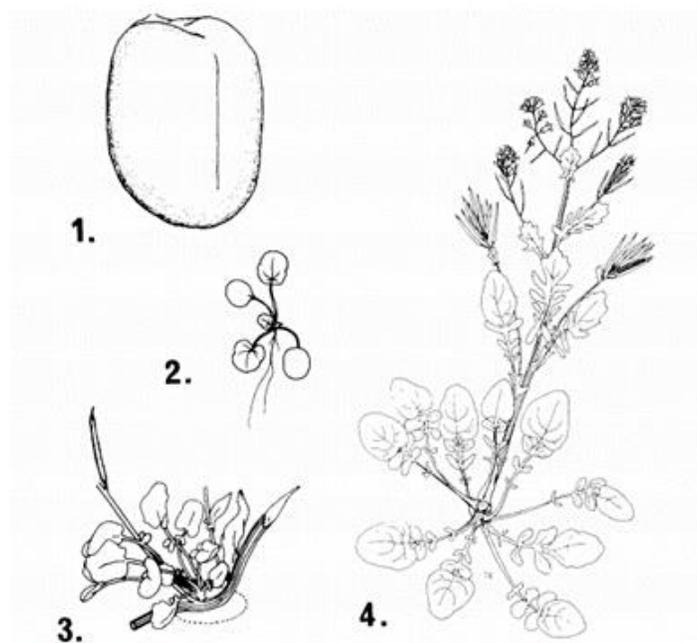


Figura 2. *Barbarea vulgaris* (1) semilla, (2) plántula-germinación, (3) roseta de caulina-planta joven, (4) floración-adulto. (MacDonald y Cavers, 1991).

5.3. Requerimientos Edafoclimaticos

La hierba de Santa Bárbara es una planta que crece espontáneamente, pero que puede cultivarse teniendo en cuenta que prefiere suelos húmedos y suelos arcillosos y limosos.

Puede propagarse por semilla y, sin embargo, debe mantenerse bajo control porque tiende, especialmente en suelos con un buen suministro de sustancia orgánica y, por lo tanto, nitrógeno, a ganar ventaja.

En general, sin embargo, es una planta fácil de cultivar que, además de la semilla, se multiplica por «división del pie» en variedades de doble pétalo. (Schreiber, 1962).

5.4. Uso como cultivo trampa

La Hierba de Santa Bárbara (*Barbarea vulgaris*), es muy atractiva para la polilla dorso de diamante, ya que en la superficie las hojas presentan glucosinolatos que estimula a depositar los huevos sobre ella. Sin embargo, las larvas de la mariposa de la col no llegan a desarrollarse porque las hojas de la hierba de Santa Bárbara contienen saponinas fago-repulsivas, que provocan su muerte por inanición.

Las saponinas son glicósidos que se encuentran distribuidos ampliamente en las plantas y están formadas por una aglicona de origen terpénico, esteroide o esteroide alcaloide.

Las saponinas fago-repulsivas se hallan presentes en la superficie foliar de la hierba de Santa Bárbara y otras plantas del género *Barbarea*, pero no en otras especies de crucíferas. (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2010).

El proceso de hidrólisis ocurre en los glucosinolatos cuando el tejido del vegetal se rompe como consecuencia de un daño mecánico, entonces la enzima tioglucosidasa o mirosinasa se pone en contacto con el sustrato y libera moléculas de glucosa, de bisulfato y de la correspondiente aglucona; posteriormente, esta última experimenta un acomodamiento. (Figura 3). (Obregón, 2016).

Las saponinas fago-repulsivas están presentes solamente en el interior de las hojas de la planta, no en su superficie. De esta forma, la polilla de crucíferas no las puede detectar y pone sus huevos sobre la hierba de Santa Bárbara. Pero las larvas nunca llegan a desarrollarse, ya que el sabor de las hojas les resulta tan desagradable, que

dejan de comer y acaban muriendo por inanición. (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2010).

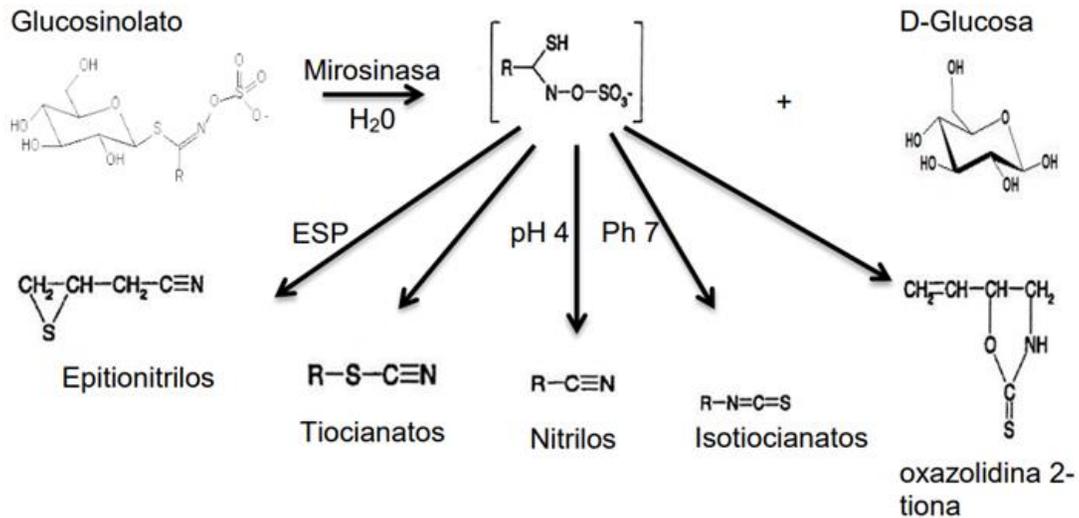


Figura 3. Productos de la reacción de glucosinolatos con mirosinasa. (Obregón, 2016).

5.5. Generalidades de *Plutella xylostella*

La Palomilla Dorso de Diamante (*P. xylostella*), cuyas sinonimias son Diamondback Moth (DBM), polilla de las coles, oruga verde del repollo, polilla de la col, polilla de las crucíferas, etc., se dice que es originaria de Asia Menor y que por medio de la exportación de productos de las crucíferas se ha diseminado a todo el mundo, ocupando un sitio como plaga cosmopolita.

Es un insecto que ataca las especies cultivadas y silvestres de crucíferas como la col o repollo (*Brassica oleracea* var. *viridis*), brócoli (*B. oleracea* var. *italica*), coliflor (*B. oleracea* var. *botrytis*) y col de bruselas (*B. oleracea* var. *gemmifera*) que son hospedantes altamente susceptibles, aunque también se alimenta de rábano (*Raphanus sativus*) y mostaza (*Sinapis alba*). Varios estudios han demostrado que también las especies de crucíferas preferenciales para *P. xylostella* incluyen a: *Brassica pekinensis*, *B. juncea*, y *B. rapa*.

Actualmente se ha reportado que es "Multiresistente" a diversos tipos de insecticidas convencionales de los grupos toxicológicos organofosforados, carbamatos y

piretroides, además, ha sido una de las primeras especies agrícolas reportada como resistente a la toxina del *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, lo que la hace una especie excepcional en su género.

De igual manera, el uso intensivo de insecticidas orgánico-sintéticos conduce en algunos casos a dejar residuos inaceptables que originan rechazos de producto, envenenamientos de agricultores y aplicadores, reducción de enemigos naturales e incrementos en los costos de producción.

5.5.1. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de *P. xylostella* de acuerdo con Borrór, *et al*, (1989) citado por Uribe (2010).

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

División: Ditrysia

Clase: Insecta

Orden: Lepidoptera

Suborden: Glossata

Infraorden: Heteroneura

Superfamilia: Yponomeutoidea

Familia: Plutellidae

Género: *Plutella*

Especie: *P. xylostella*
(Linnaeus, C, 1758).

5.5.2. Ciclo de vida y hábitos

La palomilla dorso de diamante es una plaga que presenta metamorfosis completa; es decir, pasa por los estados biológicos de huevecillo, larva, pupa y adulto. (Bújanos y Marín, 1996 citado por Uribe, 2010).

La hembra ovíparita pone poco más de 200 huevecillos en forma individual, formando pequeños grupos de 2 o 3 en el envés y peciolos de las hojas, en los tallos y floretes

(Bújanos y Marín, 1996). Los huevecillos tardan en eclosionar de tres a nueve días dependiendo de la temperatura ambiental. (Marín y Bújanos, 1997, citado por Uribe, 2010).

El ciclo biológico de la palomilla dorso de diamante dura de 19 a 28 días, durante los cuales pasa por los estadios biológicos de huevecillo, larva, pupa y adulto según el CESAVEG (2010).

5.5.3. Descripción morfológica

5.5.3.1. Huevo

Los huevos ovalados y aplanados de la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*) son amarillos o verdes claro al principio y luego más oscuros (Figura 4). Se depositan solos o en pequeños grupos de 2 a 10 huevos tanto en el haz como en el envés de las hojas (Figura 5), preferentemente en depresiones y, rara vez, en tallos o pecíolos. Presentan una coloración cremosa de forma irregular, ligeramente aplanados ocupados la mayor parte de la superficie para adherirse. Duración 3-6 días. (Zárate, 2013).



Figura 4. Huevos de *P. xylostella* sobre una hoja de hierba de Santa Bárbara. (Fotografía propia).



Figura 5. Huevo de *P. xylostella* en el envés de hoja de Brócoli. (Fotografía propia).

5.5.3.2. Larva

La larva recién emergida es de color blanco pálido, con la cabeza marrón oscura muy resaltante. Al momento de emerger tiene una longitud promedio de 1.20 mm Finalizando el último instar, el cuerpo tiene una coloración verde claro con la cabeza marrón y la longitud promedio del cuerpo es de 10.27 mm. La duración del estado larval (4 instares) 10-14 días. (Zárate, 2013).

Instares I y II (Función minadora): las larvas se alimentan del tejido esponjoso de la hoja formando minas entre las capas cerosas de la epidermis de la lámina foliar. La superficie superior de la hoja queda intacta que se pueden observar “ventanas translucidas” en ellas como consecuencia de las minas realizadas por las larvas. (Figura 6 y Figura 8). (Gowri y Manimegalai, 2016).

Instares III y IV (Función perforadora y contaminadora): se alimentan del envés de las hojas originando la aparición de pequeñas perforaciones en las mismas. El cuarto instar es el que provoca los mayores daños pudiendo llegar a consumir la totalidad del área foliar, excepto las nerviaciones. Además, en la fase final se prepara para pupar, ocasionando de este modo daños por contaminación (Figura 7). (Gowri y Manimegalai, 2016).



Figura 6. Larva de *P. xylostella* segundo instar. (Fotografía propia).



Figura 7. Larvas de *P. xylostella* tercer y cuarto instar. (Fotografía propia).



Figura 8. Larva de *P. xylostella* tercer instar. (Fotografía propia).

5.5.2.3. Prepupa y pupa

Hay dos etapas inactivas y sin alimentación llamadas pre-pupa y pupa. La duración de la pre-pupa es de 2 días. Muda de prepupa en sus capullos y la piel de larva permanece adherida hasta el extremo posterior de la pupa. (Figura 9).

La pupa es obtecta con una longitud promedio de 6.83 mm. Al principio de su formación tiene un color verde brillante, más tarde se torna blanco crema y antes de emerger el adulto es de color marrón oscuro. La pupa se halla encerrada en un fino capullo de seda de color blanco (Figura 10). En esta fase es muy difícil diferenciar el sexo por presentar una morfología externa muy similar en esta especie. (Talekar y Shelton, 1993).



Figura 9. Prepupa de *P. xylostella*. (Fotografía propia).



Figura 10. Pupas de *P. xylostella*. (Fotografía propia).

5.5.2.4. Adulto

El adulto es una polilla cuya longitud promedio del cuerpo es de 10.56 mm, con una expansión alar cercana a los 14 mm (Figura 11). El adulto hembra se diferencia muy fácilmente del macho por su genitalia externa, pero además en la hembra se presenta la mancha dorsal con una coloración más clara y brillante (Figura 12). Duración de 8-12 días. (Monroy, 2010).

El nombre común de este lepidóptero, se debe a que cuando está en reposo sus alas están sobre el dorso y al juntarse sus bandas forman la figura característica, un diamante (\diamond). Las antenas son filiformes dirigiéndose hacia adelante cuando están en reposo (Figura 13). (Montero, et al, 2007).



Figura 11. Vista lateral adulto de *P. xylostella*. (Fotografía propia).



Figura 12. Vista superior adulto de *P. xylostella*. (Fotografía propia).



Figura 13. Vista inferior adulto de *P. xylostella*. (Fotografía propia).

5.5.2.5. Daño

Después de la eclosión de los huevecillos, las larvas inician inmediatamente su alimentación en el follaje; por lo general las larvas del primer y segundo instar minan las capas cerosas epidermales de las hojas, consumiendo los tejidos del mesófilo esponjoso (Figura 14). Las de tercer y cuarto instar se alimentan por el envés,

consumiendo de toda la lámina foliar, excepto la capa cerosa del haz, creando con esto pequeñas ventanas en las hojas. (Bujanos, et al, 2003).

Las larvas son masticadores del follaje ocasionan daño al cogollo, cabeza y hojas externas de las crucíferas. Este daño no es importante por el área consumida, sino más bien por las galerías, excremento y telarañas, donde puede haber larvas presentes, restando apariencia a la cabeza del repollo. Es una plaga importante del repollo en toda América Central (Trabanino, 1998). Según estudios realizados en Nicaragua en los primeros 20 días después del trasplante, cuando el repollo produce muchas hojas, las infestaciones de *P. xylostella* todavía no tendrán mucha incidencia en la cosecha. A partir de 20 días después del trasplante, cuando se forman y llenan las cabezas, las infestaciones de *P. xylostella* causan daños que afectarán la cosecha. (Díaz-Gómez, et al, 2000).



Figura 14. Planta de *B. vulgaris* con daño por *P. xylostella*. (Fotografía propia).

5.5.2.6. Métodos de control

P. xylostella se considera que es una de las plagas más difíciles de controlar. Hasta la fecha, los insecticidas siguen siendo el criterio principal para la gestión de *P. xylostella*, y los grupos principales de insecticidas para el control son las diamidas, avermectinas, piretrinas, y *Bacillus thuringiensis*. Aplicaciones de insecticidas continuos han sido, y sigue siendo en muchas regiones, la técnica más utilizada para la protección de cultivos.

Se reportaron casos de resistencia de *P. xylostella* a los insecticidas en 1950. Hoy en día esta especie muestra resistencia a la mayoría de las clases de insecticidas, incluyendo compuestos recientemente introducidos con nuevos modos de acción. (Rodríguez, 2017).

Control cultural

Establecer los semilleros lejos de los cultivos establecidos en el campo. Eliminar hospederos alternos (Familia Brassicaceae), rastrojos de las cosechas para eliminar fuente de inóculo de palomilla. Utilizar el riego por aspersión, preferiblemente en horas de la tarde, se reducen las poblaciones de *Plutella xylostella*. Usar rotación de cultivos. Establecer el cultivo de repollo asociado con otros cultivos como la zanahoria, el tomate, cebolla o arroz, la incidencia de *P. xylostella* se reduce notablemente, debido a que se confunden y no son capaces de encontrar las plantas de repollo con facilidad para poner sus huevos. (Trabanino, 1998).

Control biológico

Se han reportado cerca de 90 especies parasitoides para *P. xylostella* de los cuales, han resultado más eficientes en la reducción de la población los siguientes:

- *Apanteles plutellae* (Braconidae) (ataca los primeros 3 instares larvarios).
- *Diadegma insulare* (Ichneuminidae) (parasita larvas).
- *Diadromus plutellae* (parasita pupas).
- *Trichogramma chilonis*, *T. minutum*, *T. pretiosum* (Trichogrammatidae) (parasita huevecillos).

La identificación de especies parasitoides, evaluación del nivel de parasitismo y su manejo (protección contra insecticidas), en la actualidad se están valorando como una de las mejores salidas para enfrentar las poblaciones de la *P. xylostella*. (Rodríguez, 2017).

Mientras que Chávez y Marcelo (2010) dicen que se ha evaluado la utilización de control biológico, a través de productos comerciales considerados biológicos. Entre los principales está el parasitoide *Cotesia plutellae*, (Hymenoptera: Braconidae) (Figura 15), la cual parasita con sus huevos a las larvas de *P. xylostella* y cuando eclosionan los juveniles de *C. plutellae* matan a su hospedero *P. xylostella* (Figura16). *Diadegma insulare*, (Hymenóptera: ichneumonidae), ataca también a la larva.

Los nematodos del género *Heterorhabditis* son entomopatógenos obligados, de estadio juvenil infectivo con doble cutícula. Al ingresar a los gusanos por orificios naturales, los nematodos introducen una bacteria en la cavidad del insecto, que destruye los tejidos internos del insecto para crear un medio favorable para alimentarse y reproducirse. (Chávez y Marcelo, 2010).



Figura 15. *Cotesia plutellae*, parasitoide de *P. xylostella*. (Fotografía propia).



Figura 16. Pupa vacía de *Cotesia plutellae* después de haber parasitado a *P. xylostella*. (Fotografía propia).

Control químico

La estrategia para el manejo de la palomilla dorso de diamante y otras plagas de las crucíferas, se basa en el uso casi exclusivo de insecticidas y se caracteriza por un elevado número de aplicaciones. La exigencia del mercado internacional de brócoli sin presencia de plagas, daños de los mismos y con una calidad cosmética, ha conducido al empleo de grandes cantidades de plaguicidas para asegurar estos índices de calidad. Los insecticidas químicos ciertamente han contribuido a reducir los daños por contaminación momentáneamente, pero han generado otros serios problemas. (Rodríguez, 2017).

El uso intensivo de los insecticidas promueve el desarrollo de resistencia en las plagas, elimina a sus enemigos naturales, favorece el surgimiento de plagas secundarias, posibilita la presencia de residuos en el producto comestible y representa un riesgo para los operativos de la tecnología de producción de cultivo, además de que ocasiona aumentos en los costos-de producción. (Zárate, 2013).

La resistencia de las plagas a insecticidas conlleva al aumento continuo en la cantidad de ingrediente activo de varios productos necesarios para el control del insecto.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Ubicación de lugar de la investigación.

El experimento se realizó en 4 campos de Aguilares SPR de RL, con cultivo de Brócoli var. Diamante. (Figura 17).

Dirección: Santa Cruz de Juventino Rosas, Gto.

Coordenadas:

- San Daniel: 20°34'42.9"N 101°03'52.7"W.
- Caminos: 20°35'03.4"N 101°04'06.6"W.
- Los Montes: 20°34'33.4"N 101°04'11.3"W.
- San Pablo: 20°34'12.6"N 101°04'29.9"W.



Figura 17. Ubicación de los campos de experimentación. Imagen tomada de Google Earth.

6.2. Variables estudiadas por campo

- Número de huevos de *P. xylostella*.
- Número de huevos vacíos de *P. xylostella*.
- Número de larvas de *P. xylostella*.
- Número de larvas muertas de *P. xylostella*.
- Número de pupas de *P. xylostella*.
- Presencia total de *P. xylostella* en porcentaje.

6.3. Desarrollo del experimento

Germinación: Las semillas se obtuvieron recolectando plantas de hierba de Santa Bárbara (*Barbarea vulgaris*) en campos de la misma empresa la temporada pasada (Enero-junio 2020). En invernaderos de la empresa Aguilares SPR de RL se germinaron semillas de hierba de Santa Bárbara (*Barbarea vulgaris*) un total aproximado de 5,500 plantas, posturas con fechas del 10 y 18 de septiembre de 2020. Las charolas estaban en nave de germinación de lechugas con riegos dos o tres veces al día. (Figura 18). Obteniéndose 60 a 70 % de porcentaje de germinación.



Figura 18. Charolas de germinación de *Barbarea vulgaris*. (Fotografías propias).

Trasplante: El experimento se estableció en campos de Brócoli var. Diamante, el cultivo trampa se ubicó en la cabeza de los surcos, 3 plantas de *Barbarea vulgaris* por surco, del lado sur del campo (Figura 19), pues se ha observado que es por donde suele llegar la plaga a los cultivos.

Campo	Hectáreas del campo	Hectáreas utilizadas para experimento	Total de plantas de brócoli var. Diamante en experimento.	Total de plantas de <i>Barbarea vulgaris</i> en experimento.
San Daniel	23	6.42	449,400	642
Caminos	9.5	6.45	451,500	645
Los Montes	14	6.92	484,400	692
San Pablo	18	10.68	747,600	1,068

Toma de muestras: Cada campo se muestreó dos veces a la semana a partir del trasplante. En la investigación, se efectuó la cuantificación de huevos, huevos vacíos, larvas, larvas muertas y pupas, los muestreos se realizaron completamente al azar, 50 plantas de hierba de Santa Bárbara y 50 plantas de Brócoli var. Diamante, cada planta tomada como unidad de muestreo no se cortaba, se realizaba la revisión en el sitio hoja por hoja con una lupa, después con los datos recabados se realizaron tablas de concentración de datos, se sacaron promedios y se usaron gráficas para evaluación y comparación de huevos, huevos vacíos, larvas, larvas muertas y pupas, además de realizarse un promedio de la presencia total de *P. xylostella* por fechas.



Figura 19. Campo San Daniel, Aguilares SPR de RL, con cultivo de brócoli y cultivo trampa hierba de Santa Bárbara. (Fotografía propia).

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Campo San Daniel

Como se observa en la Figura 20, *P. xylostella* fue encontrada en 44.1% de las plantas de hierba de Santa Bárbara, y solo en el 26.8% de las plantas de brócoli, lo que representa 17.3% más. Esto coincide en parte por lo reportado por (Huaripata Zárate, 2018) y de acuerdo con los parámetros establecidos por el INIFAP para la zona del Bajío, el umbral económico para la etapa de desarrollo vegetativo es de 0.5 individuos/planta, para la etapa reproductiva (de la décima hoja o 45 días después del trasplante hasta que la cabeza del brócoli o coliflor mida media pulgada), es de 0.3 individuos/planta, y en la etapa de cosecha es de 0.4 individuos/planta. José Juan Moreno Miranda (monitoreador de plagas en campos de Aguilares SPR de RL) me explicó que en la empresa el umbral económico que tratan de mantener es de 20% (0.2 individuos/planta) sobre todo en etapa de cosecha, toleran hasta un 30% (0.3 individuos/planta) en etapa de desarrollo vegetativo y en etapa reproductiva.

Según los datos recolectados y presentados en las Figuras 21 y 22, se tuvo mayor presencia de *P. xylostella* en la hierba de Santa Bárbara, rebasando los umbrales económicos considerados aceptables por la empresa para cultivo de brócoli, durante todo el ciclo el umbral económico del Brócoli se encontró en 0.3 individuos/planta como máximo, mientras que en *B. vulgaris* se alcanzó un umbral económico de 0.5 individuos/planta.

En la Figura 21 se observan los datos de cada uno de los parámetros medidos en hierba de Santa Bárbara, cabe destacar que de las 800 unidades de muestreo realizadas en hierba de Santa Bárbara no se encontraron pupas de *P. xylostella*, por lo que no hay evidencia de que se complete el ciclo biológico de la plaga. (Ver Anexos 1, 2 y 3).

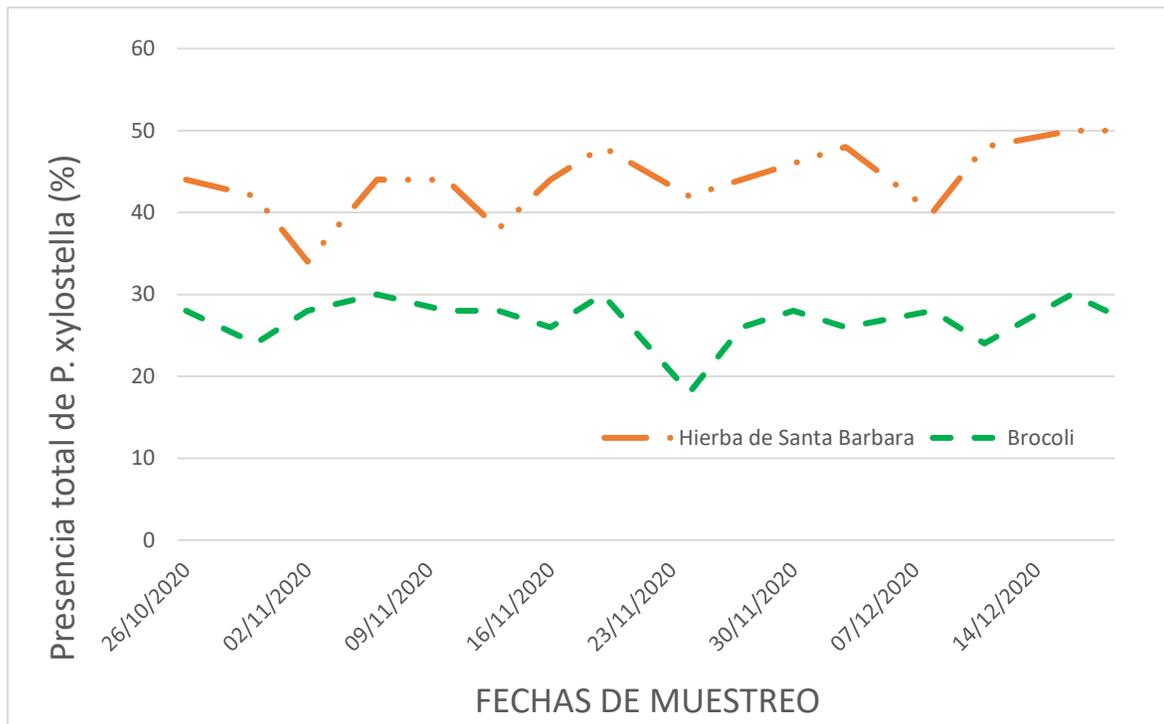


Figura 20. Presencia total de *P. xylostella* (porcentaje) en campo San Daniel, Aguilares SPR de RL.

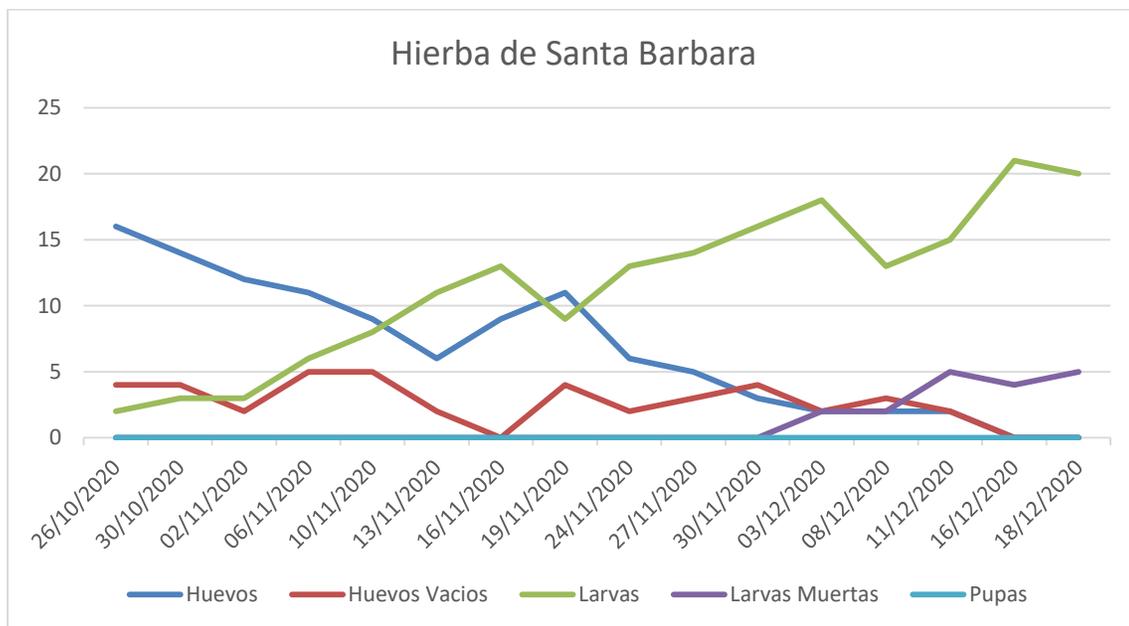


Figura 21. Fluctuación de la presencia de *P. xylostella* en hierba de Santa Bárbara, campo San Daniel.

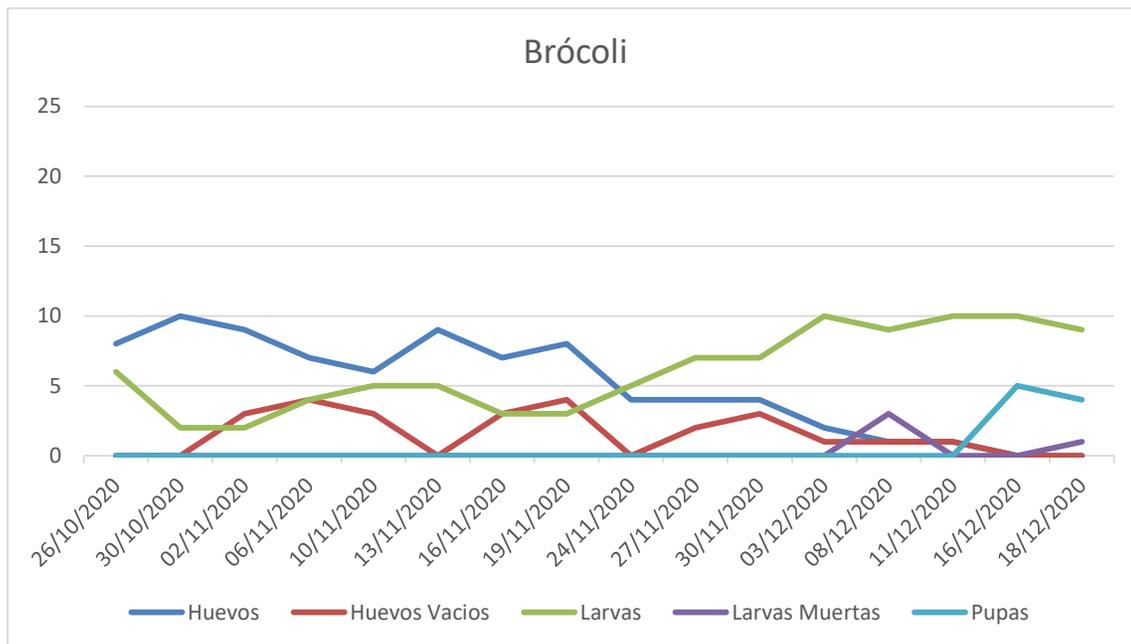


Figura 22. Fluctuación de la presencia de *P. xylostella* en brócoli, campo San Daniel.

7.2. Campo Caminos

Como se observa en la Figura 23, *P. xylostella* fue encontrada en 36.7% de las plantas de Santa Bárbara, y solo en el 25% de las plantas de brócoli, lo que representa 11.7% más.

Por cuestiones de fecha de siembra en el rancho Caminos se recolectaron datos de 700 unidades de muestreo tanto en hierba de Santa Bárbara como en Brócoli. De acuerdo a lo que se puede observar en Figuras 24 y 25 en este campo se percibió más controlada la plaga que en campo San Daniel, y coincide con el hecho de que en el rancho Caminos se encontró un mayor número de larvas muertas en la hierba de Santa Bárbara. (Ver Anexos 4, 5 y 6).

En rancho Caminos fue donde primero se detectaron larvas muertas, las plantas de *B. vulgaris* en las que se encontraban tenían daños causados por *P. xylostella*, además de que las larvas muertas presentaban tamaños como de estadios larvales 2 o 3 (sin llegar a aparecer pupas o restos de pupas) por lo que se notaba que las larvas si se habían alimentado, dejaron de hacerlo y murieron, por lo que se puede coincidir con lo

dicho por Consejo Superior de Investigaciones Científicas (2010) que por efecto de saponinas fagorrepulsivas las larvas mueren de inanición.

Se puede observar en la Figura 24 que cuando disminuía la población de larvas vivas era cuando aumentaban las larvas muertas, y viceversa.

El umbral económico de daño de *P. xylostella* en *B. vulgaris* llegó hasta un 0.44 individuos/planta y en Brócoli se mantuvo de acuerdo a los parámetros aceptables para la empresa alcanzando como máximo 0.28 individuos/plantas.

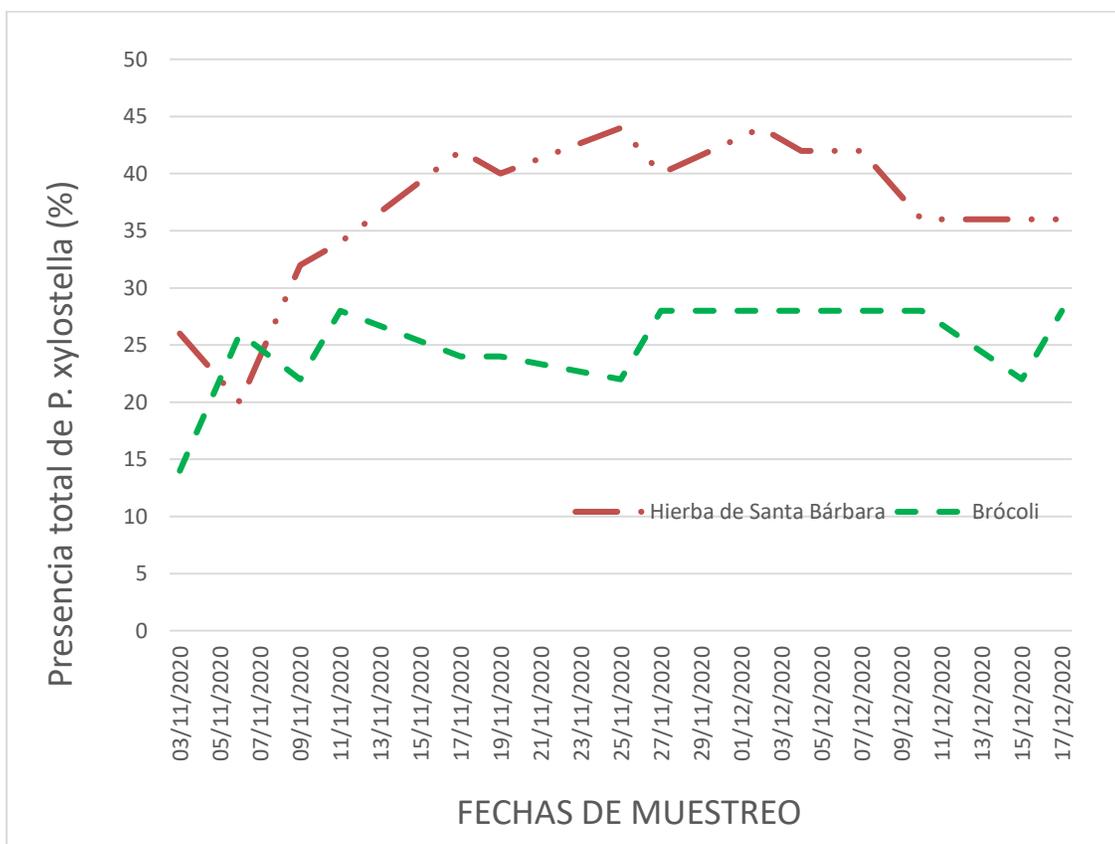


Figura 23. Presencia total de *P. xylostella* (porcentaje) en campo Caminos, Aguilares SPR de RL.

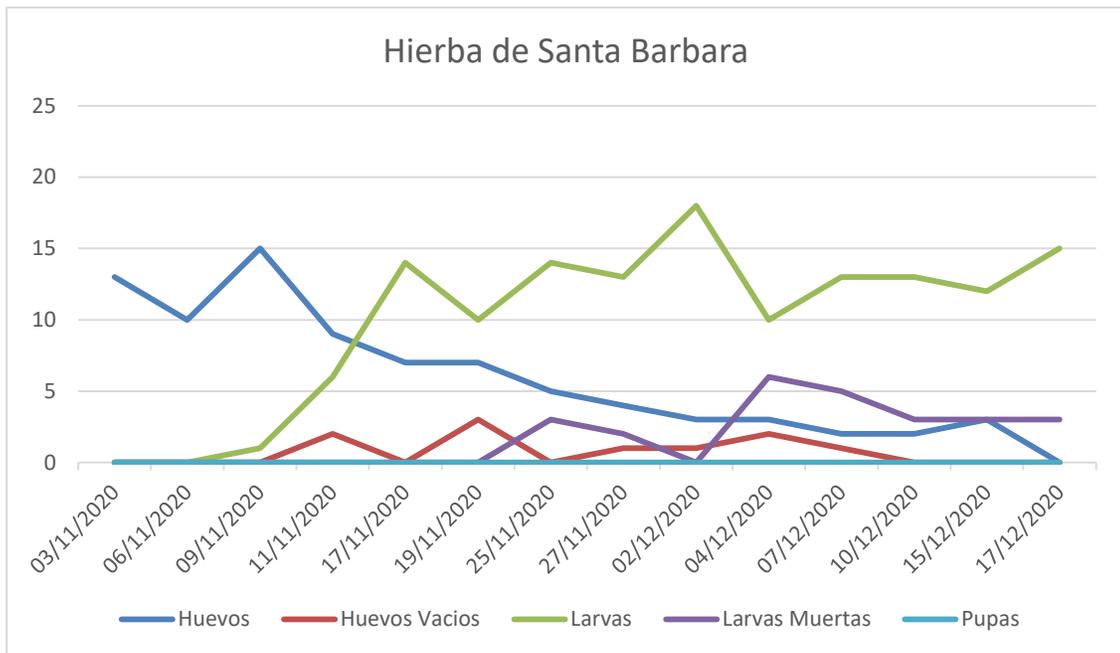


Figura 24. Fluctuación de la presencia de *P. xylostella* en hierba de Santa Bárbara, campo Caminos.

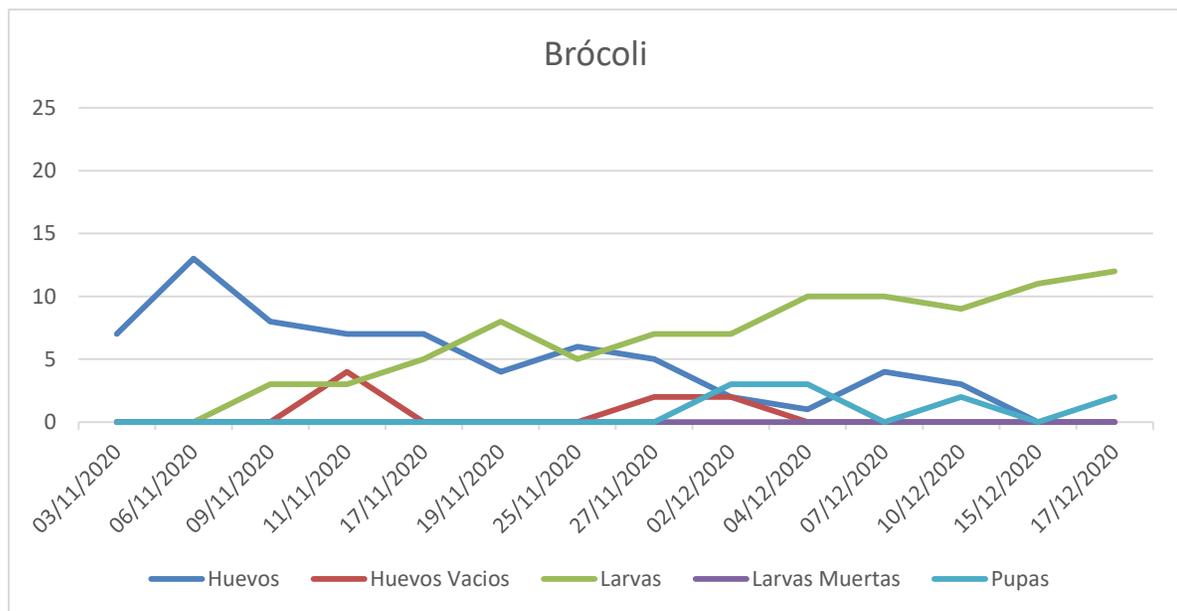


Figura 25. Fluctuación de la presencia de *P. xylostella* en brócoli, campo Caminos.

7.3. Campos Los Montes

Como se observa en la Figura 26, la palomilla fue encontrada en 42.3% de las plantas de Santa Bárbara, y solo en el 24.5% de las plantas de Brócoli, lo que representa 17.8% más.

En las Figuras 27 y 28 con los datos recolectados se nota que en Brócoli hay menor incidencia de la plaga que en *B. vulgaris*; vale la pena mencionar que en este campo fue donde más presencia de insectos benéficos se observaron, atraídos por la flor de hierba de Santa Bárbara, y apareciendo parasitoides sin haber realizado liberaciones previas en campo, las pupas parasitadas por *Diadegma insulare* y *Cotesia plutellae* no fueron contabilizadas para el experimento.

Este campo presenta mayor presencia de *P. xylostella* en *B. vulgaris* que San Daniel y Caminos, cabe resaltar que también fue el campo donde más pupas de *P. xylostella* se encontraron en plantas de Brócoli, pero ninguna en la hierba de Santa Bárbara. (Ver Anexos 7, 8 y 9).

El umbral económico máximo que alcanzo *P. xylostella* en *B. vulgaris* fue de 0.52 individuos/planta, mientras en Brócoli fue de 0.3 individuos/planta el máximo.



Figura 26. Presencia total de *P. xylostella* (porcentaje) en campo Los Montes, Aguilares SPR de RL.

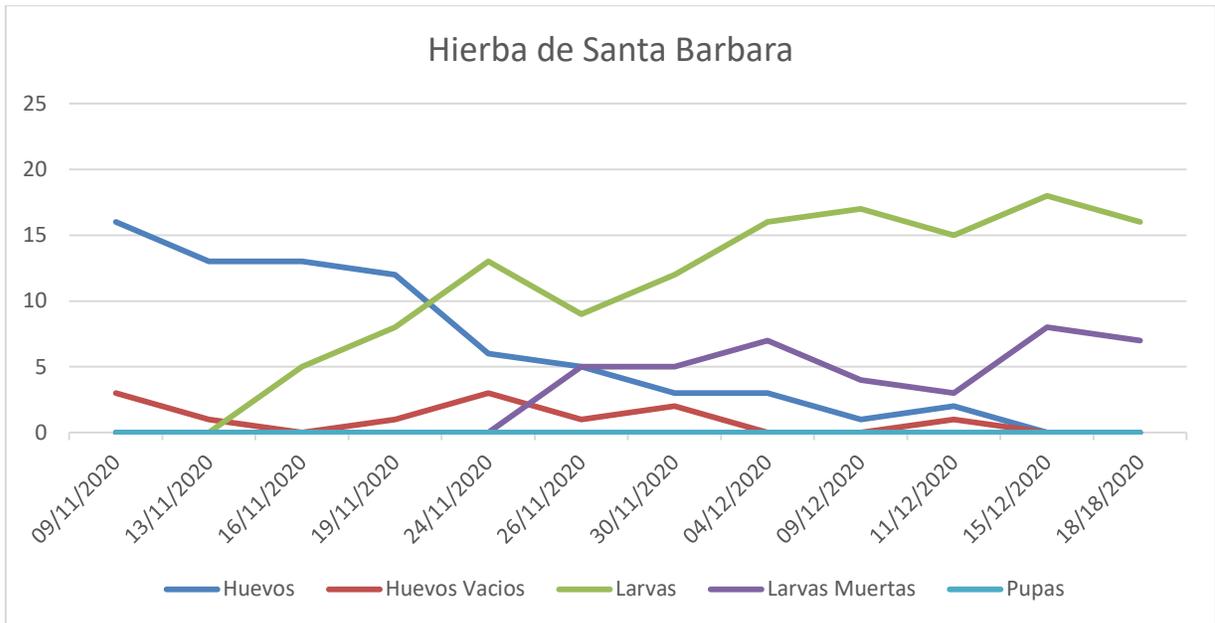


Figura 27. Fluctuación de la presencia de *P. xylostella* en hierba de Santa Bárbara, campo Los Montes.

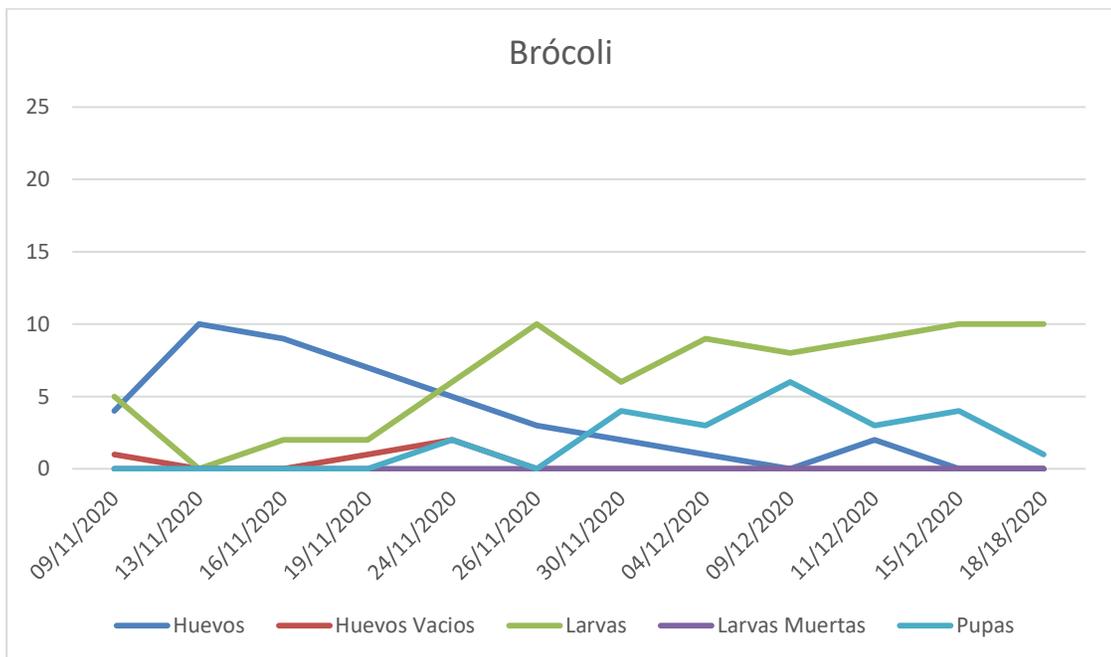


Figura 28. Fluctuación de la presencia de *P. xylostella* en brócoli, campo Los Montes

7.4. Campo San Pablo

Como se observa en la Figura 29, la palomilla fue encontrada en 39% de las plantas de Santa Bárbara, y solo en el 24.2% de las plantas de brócoli, lo que representa 14.8% más.

Comparando las Figuras 30 y 31, podemos darnos cuenta que *P. xylostella* tiene un comportamiento similar un tanto curioso, ya que durante los primeros muestreos se mostraba la plaga muy controlada y sin presentar problemas, cuando de repente se disparó la población de *P. xylostella* en el cultivo trampa y en el cultivo de interés de manera parecida, aun así el umbral económico en Brócoli se mantuvo siempre en los rangos aceptables para la empresa, y en *B. vulgaris* el umbral económico llegó a 0.48 individuos/planta.

Este fue el campo en el que se realizaron menos muestreos, y comparándolo con los otros se nota que siempre hubo mayor presencia de *P. xylostella* en hierba de Santa Bárbara que en Brócoli, y sin registros de haber completado su ciclo biológico en el cultivo trampa. (Ver Anexos 10, 11 y 12).

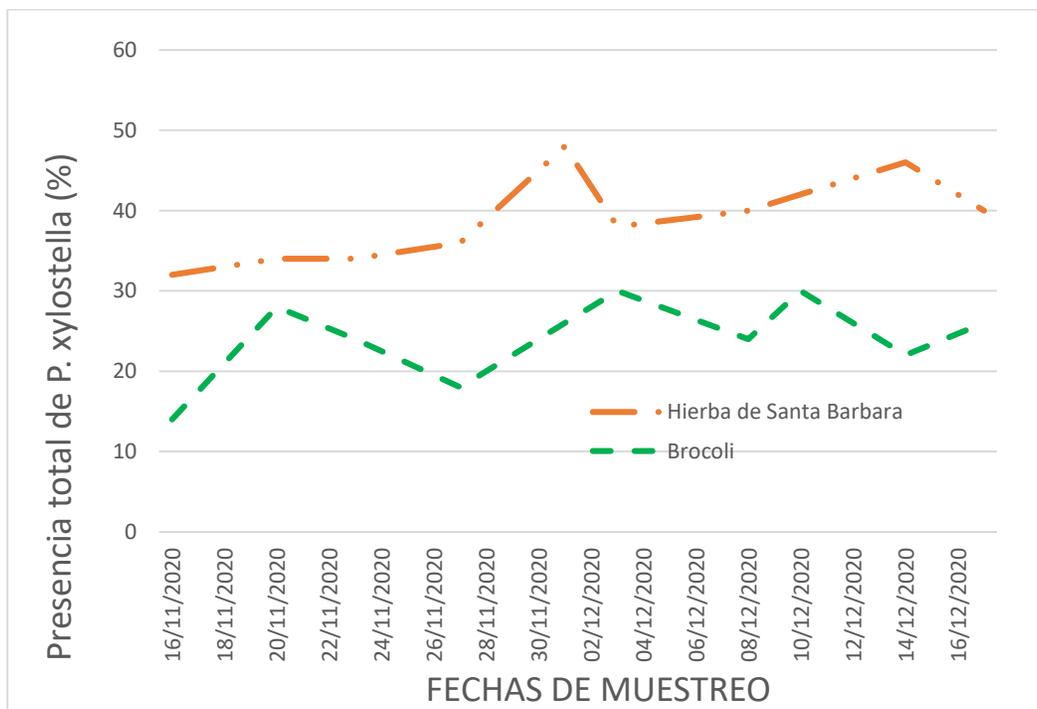


Figura 29. Presencia total de *P. xylostella* (porcentaje) en campo San Pablo, Aguilares SPR de RL.

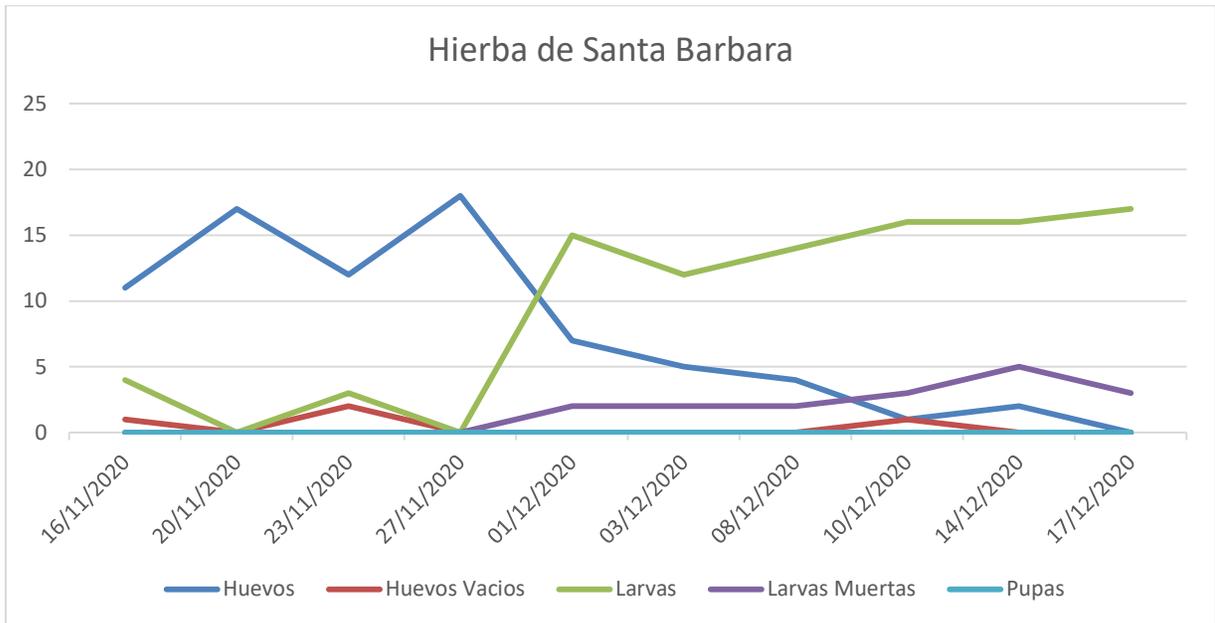


Figura 30. Fluctuación de la presencia de *P. xylostella* en hierba de Santa Bárbara, campo San Pablo.

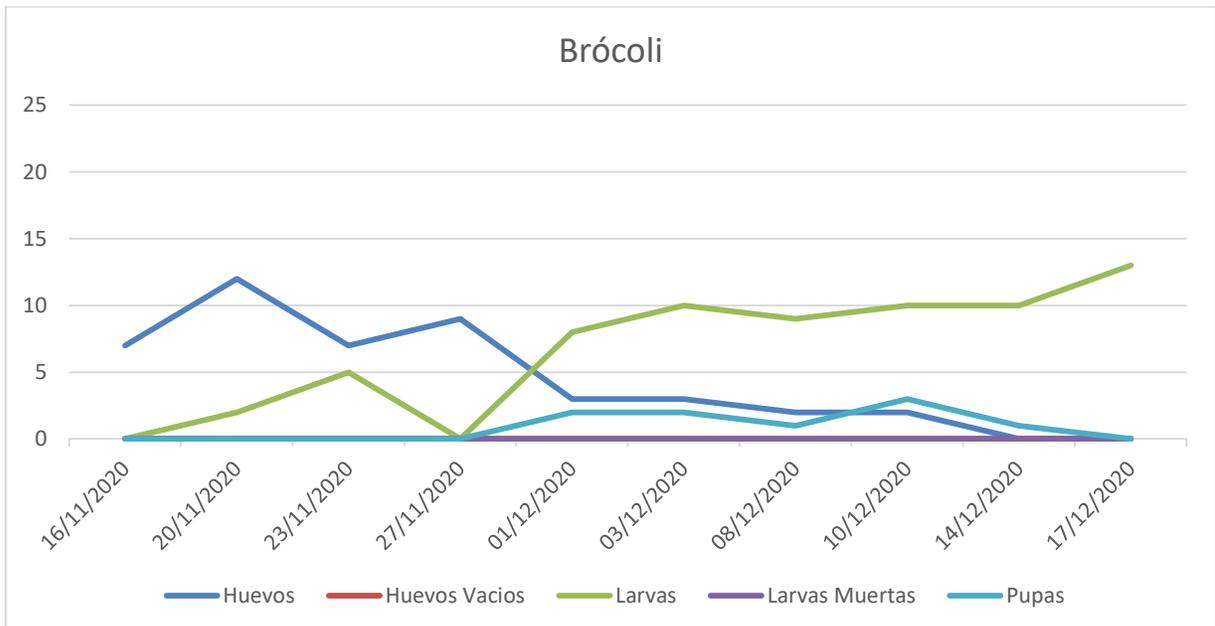


Figura 31. Fluctuación de la presencia de *P. xylostella* en brócoli, campo San Pablo

7.5. Todos los campos

En la gráfica de la Figura 32, se observa el comportamiento de *P. xylostella* en brócoli y en hierba de Santa Bárbara, donde se nota la preferencia de la plaga a ovipositar en el cultivo trampa, esta gráfica abarca toda la presencia encontrada de *P. xylostella*, incluyendo: huevos, huevos vacíos, larvas, pupas y adultos, en todos los campos. En hierba de Santa Bárbara se obtuvo 40%, de presencia de *P. xylostella*, en promedio durante todo el experimento tomando en cuenta los 4 campos, mientras que en brócoli se tuvo un 25%, de presencia de *P. xylostella* en promedio, manteniéndose en brócoli dentro del umbral económico que maneja la empresa. Y marcando la preferencia a hierba de Santa Bárbara con 15% más.

Dentro de los resultados observados, cabe resaltar que se encontraron larvas muertas sobre plantas de hierbas de Santa Bárbara (Figura 33), que puede ser debido a las saponinas fagorrepulsivas que contienen; por lo que las larvas dejan de comer y mueren de inanición, como lo menciona Consejo Superior de Investigaciones Científicas (2010), pero se observó que aquellas larvas que por supervivencia continúan alimentándose ignorando el sabor de las saponinas, mueren y se secan días después, como si fuesen intoxicadas.

Como forma de regular las poblaciones de *P. xylostella* en el campo deben conservarse los enemigos naturales, constituyendo estos últimos un recurso importante en un programa de manejo integrado de plagas, para lograr la conservación y permanencia en el medio ambiente

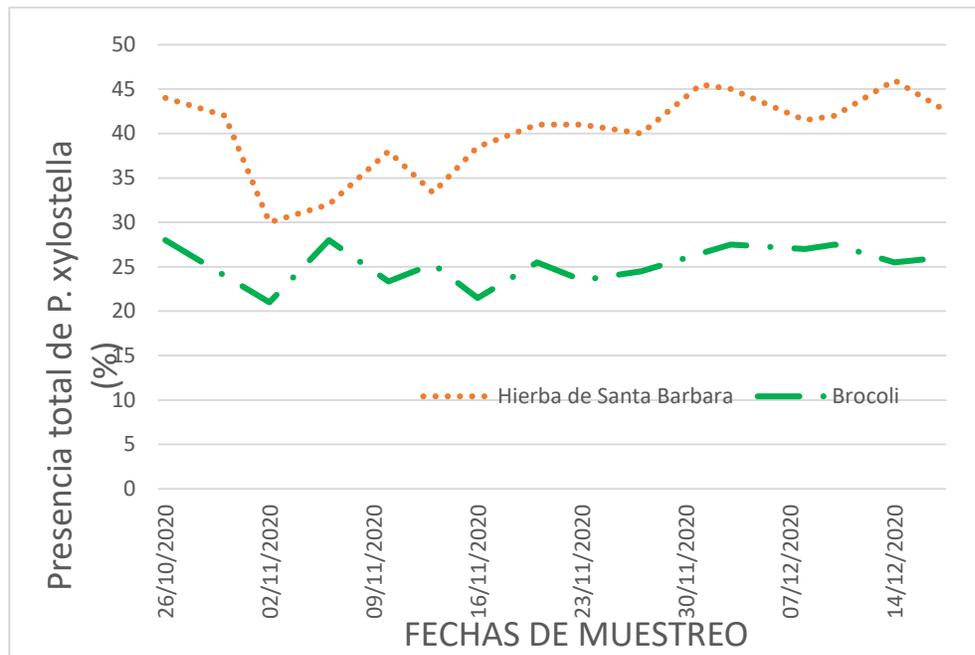


Figura 32. Presencia total de *P. xylostella* (porcentaje) en todos los campos.



Figura 33. Larvas muertas de *P. xylostella* sobre hierba de Santa Bárbara. (Fotografía propia).

8. CONCLUSIONES

En el experimento realizado los valores se mostraron inestables, al observar cómo entre cada campo estudiado la población de este lepidóptero disminuía para volver a aumentar de manera alterna; no obstante, los valores del índice de infestación obtenidos en brócoli fueron más bajos que los alcanzados en el cultivo trampa utilizado. La palomilla dorso de diamante (*P. xylostella*) no mostró evidencia de completar su ciclo biológico sobre la hierba de Santa Bárbara (*Barbarea vulgaris*).

Los glucosinolatos de *B. vulgaris* atraen a la *P. xylostella* a ovipositar sobre ella, y al parecer las saponinas fagorrepulsivas de sus hojas pueden llegar a causar la muerte de la plaga en estado larval porque no se observó ninguna pupa sobre plantas de *B. vulgaris*.

Se encontraron larvas de *P. xylostella* muertas sobre *B. vulgaris*, demostrando la efectividad de la planta como cultivo trampa, pupas de *P. xylostella* solo se observaron sobre plantas de brócoli ninguna sobre *B. vulgaris*.

La hierba de Santa Bárbara atrae *Diadegma insulare* y *Cotesia plutellae*, principales parasitoides de *P. xylostella*, que se encargan de las larvas de *P. xylostella* que logren sobrevivir a los metabolitos secundarios de *Barbarea vulgaris*.

Se observó además proliferación de insectos benéficos como abejas, abejorros, avispas y crisopas, sin necesidad de realizar liberaciones en campo.

9. RECOMENDACIONES

- Es necesario continuar los estudios para determinar cómo lo afecta la temperatura y la pluviometría en las diferentes estaciones del año y determinar las medidas adecuadas de manejo para maximizar su efecto, incluyendo otros hospederos con la finalidad de disminuir las aplicaciones de los plaguicidas, reduciendo el daño al medio ambiente.
- Sería conveniente realizar un estudio sobre la cantidad de parasitoides y benéficos que es capaz de atraer *B. vulgaris*.
- Podría ser de interés realizar el experimento contando con un testigo en el que no influyan aplicaciones químicas para probar la eficiencia del cultivo trampa.
- Sería aprovechable colocar plantas de hierba de Santa Bárbara en áreas que no se utilizan para cultivo, por ejemplo en las orillas de los canales para riego, de forma permanente para que se controle la plaga aun cuando no se tenga cultivo.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Aiton, W. (1789). *Catalogue of the Plants Cultivated in the Royal Botanic Garden at Kew*. Londres: Hortus Kewensis.
- Bautista, M. (2000). Manejo integrado de plagas en crucíferas. *Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados.*, 47-61.
- Bujanos, M. R., Rodríguez, J. C., Byerly, C. F., Hoy, C. W., & Diaz, O. (2003). Dilución de insecticidas y reducción de toxicidad sobre larvas de dorso de diamante (*Plutella xylostella* L.) (Lepidoptera: Plutellidae). *Agric. Téc. Méx.*, 29: 169-178.
- CESAVEG. (2010). Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato. *Irapuato*.
- Chávez, G. L., & Marcelo, R. (2010). El manejo integrado de *Plutella xylostella* en brócoli, coliflor y repollo con combinaciones selectas de microtúneles, nematodo entomopatógeno, refugios, y el insecticida Rynaxypyr en Zamorano, Honduras. *Tesis. Zamorano, Honduras*.
- Choque, R., & Vilka, M. (2018). *CONTROL DE LARVAS DE Plutella xylostella (L), CON Beauveria bassiana y Lecanicillium lecanii EN BRÓCOLI (Brassica oleracea var. Italica) cv. Legacy EN DOS LOCALIDADES DE AREQUIPA*. Arequipa, Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas, C. (2010). La Hierba de Santa Bárbara atrae a las polillas para luego matar sus larvas. *Nota de prensa*, Madrid.
- Díaz-Gómez, O., Rodríguez, J. C., Shelton, A. M., Laguness-Tejeda, A., & Bujanos-Muñiz, R. (2000). Susceptibility of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) populations in Mexico to commercial formulations of *Bacillus thuringiensis*. *Econ. Entomol.*, 963-970.
- Gaugler, R., Lewis, E., & Stuart, R. (1997). Ecology in the service of biological control: the case of entomopathogenic nematodes. *Oecologia.*, 483-489.
- Gowri, G., & Manimegalai, K. (2016). Biology of diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) of cauliflower under laboratory condition. *International Journal of Fauna and Biological Studies*.
- Huaripata Zárate, C. H. (2018). Ciclo biológico de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae), en brócoli y coliflor, bajo condiciones de laboratorio, en la Molina - Perú. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, Tesis de maestría.
- Korsmo, E. (1954). Anatomía de las malas hierbas. 413.
- MacDonald, M. A. (1977). Efectos de la heterogeneidad ambiental sobre la abundancia de *Barbarea R. Br.* *Tesis Doctoral. Universidad del oeste de Ontario*.
- MacDonald, M. A., & Cavers, P. B. (1991). The biology of Canadian weeds. 97. *Barbarea vulgaris* R.Br. *Department of Plant Science*, 71: 149-166.
- Monroy, L. M. (2010). Palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella* L.). *INFOAGRO*, http://www.infoagro.com/hortalizas/palomilla_dorso_diamante.htm.
- Montero, G., Vignaroil, L., & Lietti. (2007). La polilla de las coles. Principal plaga de la colza en el sur de Santa Fe. *Facultad de Ciencias Agrarias*, <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/23/14AM23.htm>.

- Nava, G. N. (2017). Detección de glucosinolatos en *Moringa olifera* Lam. por HTPLC. *Instituto Politécnico Nacional*, Tesis.
- Obregón, C. S. (2016). Estudio del contenido y valor nutracéutico de los glucosinolatos y otros compuestos presentes en nabizas y grelos (*Brassica rapa* L. var. *rapa*) cultivados en el sur de España. *Tesis doctoral*.
- Rodríguez, J. F. (2017). VARIACIÓN EN LA SUSCEPTIBILIDAD A INSECTICIDAS DE LA PALOMILLA DORSO DE DIAMANTE (*Plutella xylostella*) Y SU CORRELACIÓN CON ENZIMAS DETOXIFICATIVAS. *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO*.
- Rosa, M., Araya, J., Gerrero, M., & Lamborot, L. (1997). Niveles de resistencia de *Plutella xylostella* (L.) a tres insecticidas en varias localidades de la zona central de Chile. *Sanidad Vegetal Plagas*, 571-581.
- Sarfraz, M., Dossall, L., & Kaddie, B. (2006). Biological control of the diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Biocontrol Science and Technology*, 763-789.
- Schreiber, M. (1962). Crecimiento, desarrollo y naturaleza perenne de la cohete amarilla. *Cambridge University*.
- Shelton, A., Sances, F., Hawley, J., Tang, J., Boune, M., & Jungers, D. (2000). Assessment of insecticide resistance after the outbreak of Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae) in California in 1997. *Journal of Economic Entomology*, 931-936.
- Silva, G., Lagunes, A., Rodríguez, J. C., & Rodríguez, D. (2002). Insecticidas vegetales: Una vieja-nueva alternativa en el control de plagas. *Revista Manejo Integrado de Plagas*, 66, 4-12.
- Talekar, N. S., & Shelton, A. M. (1993). Biology, Ecology and Management of the Diamondback. *Annual Reviews Entomology*, 38: 275-301.
- Trabanino, R. (1998). Guía para el manejo integrado de plagas invertebradas. *Escuela Panamericana*, 157.
- Uribe, J. (2010). *Control biológico de larvas de plutella xylostella (L) en col Brassica oleraceae L. var. capitata en Ixmiquilpan*. Michoacan, Mexico.: .
- Zárate, M. W. (2013). *Diadegma insulare* como Alternativa de Manejo Biológico de *Plutella xylostella* L. en Brócoli *Brassica oleracea* variedad itálica. *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO*.

11. ANEXOS

Anexo 1 Porcentajes de presencia total de *P. xylostella* en hierba de Santa Bárbara y en Brócoli var. Diamante, por fecha de muestreo, en rancho San Daniel.

Rancho: San Daniel				
Presencia total de <i>P. xylostella</i>				
Fecha	Hierba de Santa Bárbara	porcentaje	Brócoli	porcentaje
26/10/2020	22	44	14	28
30/10/2020	21	42	12	24
02/11/2020	17	34	14	28
06/11/2020	22	44	15	30
10/11/2020	22	44	14	28
13/11/2020	19	38	14	28
16/11/2020	22	44	13	26
19/11/2020	24	48	15	30
24/11/2020	21	42	9	18
27/11/2020	22	44	13	26
30/11/2020	23	46	14	28
03/12/2020	24	48	13	26
08/12/2020	20	40	14	28
11/12/2020	24	48	12	24
16/12/2020	25	50	15	30
18/12/2020	25	50	14	28

Anexo 2 Cuantificación de huevos, huevos vacíos, larvas, larvas muertas y pupas en hierba de Santa Bárbara en rancho San Daniel.

Hierba de Santa Bárbara (San Daniel)					
Fecha	Huevos	Huevos Vacíos	Larvas	Larvas Muertas	Pupas
26/10/2020	16	4	2	0	0
30/10/2020	14	4	3	0	0
02/11/2020	12	2	3	0	0
06/11/2020	11	5	6	0	0
10/11/2020	9	5	8	0	0
13/11/2020	6	2	11	0	0
16/11/2020	9	0	13	0	0
19/11/2020	11	4	9	0	0
24/11/2020	6	2	13	0	0
27/11/2020	5	3	14	0	0
30/11/2020	3	4	16	0	0
03/12/2020	2	2	18	2	0
08/12/2020	2	3	13	2	0
11/12/2020	2	2	15	5	0
16/12/2020	0	0	21	4	0
18/12/2020	0	0	20	5	0

Anexo 3 Cuantificación de huevos, huevos vacíos, larvas, larvas muertas y pupas en Brócoli var. Diamante en rancho San Daniel.

Fecha	Brócoli (San Daniel)				
	Huevos	Huevos Vacíos	Larvas	Larvas Muertas	Pupas
26/10/2020	8	0	6	0	0
30/10/2020	10	0	2	0	0
02/11/2020	9	3	2	0	0
06/11/2020	7	4	4	0	0
10/11/2020	6	3	5	0	0
13/11/2020	9	0	5	0	0
16/11/2020	7	3	3	0	0
19/11/2020	8	4	3	0	0
24/11/2020	4	0	5	0	0
27/11/2020	4	2	7	0	0
30/11/2020	4	3	7	0	0
03/12/2020	2	1	10	0	0
08/12/2020	1	1	9	3	0
11/12/2020	1	1	10	0	0
16/12/2020	0	0	10	0	5
18/12/2020	0	0	9	1	4

Anexo 4 Porcentajes de presencia total de *P. xylostella* en hierba de Santa Bárbara y en Brócoli var. Diamante, por fecha de muestreo, en rancho Caminos.

Rancho: Caminos				
Presencia total de <i>P. xylostella</i>				
Fecha	Hierba de Santa Bárbara	porcentaje	Brócoli	porcentaje
03/11/2020	13	26	7	14
06/11/2020	10	20	13	26
09/11/2020	16	32	11	22
11/11/2020	17	34	14	28
17/11/2020	21	42	12	24
19/11/2020	20	40	12	24
25/11/2020	22	44	11	22
27/11/2020	20	40	14	28
02/12/2020	22	44	14	28
04/12/2020	21	42	14	28
07/12/2020	21	42	14	28
10/12/2020	18	36	14	28
15/12/2020	18	36	11	22
17/12/2020	18	36	14	28

Anexo 5 Cuantificación de huevos, huevos vacíos, larvas, larvas muertas y pupas en hierba de Santa Bárbara en rancho Caminos.

Fecha	Hierba de Santa Bárbara (Caminos)				
	Huevos	Huevos Vacíos	Larvas	Larvas Muertas	Pupas
03/11/2020	13	0	0	0	0
06/11/2020	10	0	0	0	0
09/11/2020	15	0	1	0	0
11/11/2020	9	2	6	0	0
17/11/2020	7	0	14	0	0
19/11/2020	7	3	10	0	0
25/11/2020	5	0	14	3	0
27/11/2020	4	1	13	2	0
02/12/2020	3	1	18	0	0
04/12/2020	3	2	10	6	0
07/12/2020	2	1	13	5	0
10/12/2020	2	0	13	3	0
15/12/2020	3	0	12	3	0
17/12/2020	0	0	15	3	0

Anexo 6 Cuantificación de huevos, huevos vacíos, larvas, larvas muertas y pupas en Brócoli var. Diamante en rancho Caminos.

Fecha	Brócoli (Caminos)				
	Huevos	Huevos Vacíos	Larvas	Larvas Muertas	Pupas
03/11/2020	7	0	0	0	0
06/11/2020	13	0	0	0	0
09/11/2020	8	0	3	0	0
11/11/2020	7	4	3	0	0
17/11/2020	7	0	5	0	0
19/11/2020	4	0	8	0	0
25/11/2020	6	0	5	0	0
27/11/2020	5	2	7	0	0
02/12/2020	2	2	7	0	3
04/12/2020	1	0	10	0	3
07/12/2020	4	0	10	0	0
10/12/2020	3	0	9	0	2
15/12/2020	0	0	11	0	0
17/12/2020	0	0	12	0	2

Anexo 7 Porcentajes de presencia total de *P. xylostella* en hierba de Santa Bárbara y en Brócoli var. Diamante, por fecha de muestreo, en rancho Los Montes.

Rancho: Los Montes

Fecha	Presencia total de <i>P. xylostella</i>			
	Hierba de Santa Bárbara	porcentaje	Brócoli	porcentaje
09/11/2020	19	38	10	20
13/11/2020	14	28	10	20
16/11/2020	18	36	11	22
19/11/2020	21	42	10	20
24/11/2020	22	44	15	30
26/11/2020	20	40	13	26
30/11/2020	22	44	12	24
04/12/2020	26	52	13	26
09/12/2020	22	44	14	28
11/12/2020	21	42	14	28
15/12/2020	26	52	14	28
18/18/2020	23	46	11	22

Anexo 8 Cuantificación de huevos, huevos vacíos, larvas, larvas muertas y pupas en hierba de Santa Bárbara en rancho Los Montes.

Fecha	Hierba de Santa Bárbara (Los Montes)				
	Huevos	Huevos Vacíos	Larvas	Larvas Muertas	Pupas
09/11/2020	16	3	0	0	0
13/11/2020	13	1	0	0	0
16/11/2020	13	0	5	0	0
19/11/2020	12	1	8	0	0
24/11/2020	6	3	13	0	0
26/11/2020	5	1	9	5	0
30/11/2020	3	2	12	5	0
04/12/2020	3	0	16	7	0
09/12/2020	1	0	17	4	0
11/12/2020	2	1	15	3	0
15/12/2020	0	0	18	8	0
18/12/2020	0	0	16	7	0

Anexo 9 Cuantificación de huevos, huevos vacíos, larvas, larvas muertas y pupas en Brócoli var. Diamante en rancho Los Montes.

Fecha	Brócoli (Los Montes)				
	Huevos	Huevos Vacíos	Larvas	Larvas Muertas	Pupas
09/11/2020	4	1	5	0	0
13/11/2020	10	0	0	0	0
16/11/2020	9	0	2	0	0
19/11/2020	7	1	2	0	0
24/11/2020	5	2	6	0	2
26/11/2020	3	0	10	0	0
30/11/2020	2	0	6	0	4
04/12/2020	1	0	9	0	3
09/12/2020	0	0	8	0	6
11/12/2020	2	0	9	0	3
15/12/2020	0	0	10	0	4
18/12/2020	0	0	10	0	1

Anexo 10 Porcentajes de presencia total de *P. xylostella* en hierba de Santa Bárbara y en Brócoli var. Diamante, por fecha de muestreo, en rancho San Pablo.

Rancho: San Pablo				
Presencia total de <i>P. xylostella</i>				
Fecha	Hierba de Santa Bárbara	porcentaje	Brócoli	porcentaje
16/11/2020	16	32	7	14
20/11/2020	17	34	14	28
23/11/2020	17	34	12	24
27/11/2020	18	36	9	18
01/12/2020	24	48	13	26
03/12/2020	19	38	15	30
08/12/2020	20	40	12	24
10/12/2020	21	42	15	30
14/12/2020	23	46	11	22
17/12/2020	20	40	13	26

Anexo 11 Cuantificación de huevos, huevos vacíos, larvas, larvas muertas y pupas en hierba de Santa Bárbara en rancho San Pablo.

Hierba de Santa Bárbara (San Pablo)					
Fecha	Huevos	Huevos Vacíos	Larvas	Larvas Muertas	Pupas
16/11/2020	11	1	4	0	0
20/11/2020	17	0	0	0	0
23/11/2020	12	2	3	0	0
27/11/2020	18	0	0	0	0
01/12/2020	7	0	15	2	0
03/12/2020	5	0	12	2	0
08/12/2020	4	0	14	2	0
10/12/2020	1	1	16	3	0
14/12/2020	2	0	16	5	0
17/12/2020	0	0	17	3	0

Anexo 12 Cuantificación de huevos, huevos vacíos, larvas, larvas muertas y pupas en Brócoli var. Diamante en rancho San Pablo.

Brócoli (San Pablo)					
Fecha	Huevos	Huevos Vacíos	Larvas	Larvas Muertas	Pupas
16/11/2020	7	0	0	0	0
20/11/2020	12	0	2	0	0
23/11/2020	7	0	5	0	0
27/11/2020	9	0	0	0	0
01/12/2020	3	0	8	0	2
03/12/2020	3	0	10	0	2
08/12/2020	2	0	9	0	1
10/12/2020	2	0	10	0	3
14/12/2020	0	0	10	0	1
17/12/2020	0	0	13	0	0