



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

Evaluación de la eficiencia de productos alternativos para el control de *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias* en diferentes estadios larvarios

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniera Agrónoma

Autoras:

Ana Lucia Herrera Rojas

CI: 0302714605

herrerana22@outlook.com

Erika Paola Rodríguez Lazo

CI: 0302898499

erikaprodriguez.17@gmail.com

Director:

Ing. Walter Iván Larriva Coronel M. Sc.

CI: 0101770865

Cuenca, Ecuador

8 de marzo de 2022



Resumen

Las papas constituyen uno de los productos más importantes para la económica y la seguridad alimentaria del Ecuador, siendo un rubro agrícola importante para la agricultura campesina. La presencia de plagas invasivas especialmente el complejo de polillas, ocasionan daños considerables al producto haciéndolo inservible para su consumo y comercialización, generando pérdidas económicas. Situación que ha empeorado con el uso drástico y desmedido de fertilizantes químicos para controlar la plaga, dada su alta toxicidad provocan daños a la salud y el medio ambiente. Los tratamientos botánicos son una alternativa rentable de manejo de estas plagas, que contribuyen a solucionar esta problemática. El objetivo de este estudio es analizar, la eficacia de diferentes productos alternativos, para el control del complejo de polillas de la papa. Dicho ensayo se realizó en Cuenca en la parroquia Cañaribamba, donde se establecieron 5 tipos de tratamientos, empleando cámaras de crianza individuales para cada plaga de prueba *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias*, que son comunes en zonas paperas de la sierra ecuatoriana, a los cuales se aplicaron los tratamientos en semillas de tubérculos para su posterior infestación. Los tratamientos en cuestión para el control de polillas a evaluarse fueron; T1) azadiractina X, T2) agua de cocción de chocho, T3) ceniza de eucalipto, T4) malathion y T5) control, siendo el malathion el tratamiento químico habitual de los agricultores. Finalmente, en el experimento se observó, que la ceniza y azadiractina tuvieron la mejor eficacia especialmente en estadios inmaduros de la plaga, mostrando un control significativo para los parámetros de evaluación de mortalidad larval, daños al tubérculo y periodo de protección, con un 60% de efectividad, aunque no tan efectivo como el malathion que tuvo un 100%, que demostró ser el tratamiento para el control de plagas más eficiente, económico y sostenible, comparado con las alternativas de extractos botánicos y de control.

PALABRAS CLAVES: Complejo de polillas. Control botánico. Cultivo de papa. Plaguicidas.



Abstract

Potatoes constitute one of the most important products for the economy and food security of Ecuador, being one of the most important agricultural items for peasant agriculture. The presence of invasive pests, especially the moth complex, cause considerable damage to the product, making it unusable for consumption and commercialization, generating economic losses. Situation that has worsened with the drastic and excessive use of chemical fertilizers to control the plague, given its high toxicity, causing damage to health and the environment. Botanical treatments are a profitable alternative for the management of these pests, which contribute to solving this problem. The objective of this study is to analyze the efficacy of different alternative products for the control of the potato moth complex. This trial was carried out in Cuenca in the Cañaribamba parish, where 5 types of treatments were established, using individual rearing chambers for each test pest *Tecia solanivora* and *Symmetrischema tangolias*, which are common in mumps areas of the Ecuadorian highlands, to which the treatments in tuber seeds were applied for their subsequent infestation. The treatments in question for the control of moths to be evaluated were T1) azadirachtin X, T2) lupine cooking water, T3) eucalyptus ash, T4) malathion and T5) control, malathion being the usual chemical treatment for farmers. Finally, in the experiment it was observed that ash and azadirachtin had the best efficacy especially in immature stages of the pest, showing a significant control for the evaluation parameters of larval mortality, tuber damage and protection period, with 60% effective, although not as effective as malathion, which was 100%, which proved to be the most efficient, economical, and sustainable pest control treatment, compared to the alternatives of botanical and control extracts.

KEY WORDS: Moth complex. Botanical control. Potato crop. Pesticides.



Tabla de contenido

Resumen	2
1. INTRODUCCIÓN	18
2. OBJETIVOS	23
2.1 Objetivo General	23
2.2 Objetivos específicos.....	23
3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	23
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	24
4.1 Características e importancia del cultivo de papa en Ecuador	24
4.2 Efectos de las plagas en el cultivo de papas.....	25
4.3 Origen y distribución del complejo de polilla de la papa.....	27
4.3.1 Clasificación taxonómica de las polillas	28
4.3.2 Biología y morfología de las polillas	28
4.4 Comportamiento y daños de las polillas.....	30
4.5 Ecología térmica de las polillas de la papa.....	31
4.6 Métodos de control en polillas de la papa	31
4.6.1 Control biológico.....	31
4.6.2 Control químico	32
4.6.3 Control natural.....	32
5. MATERIALES Y MÉTODOS	36
5.1 Área de estudio	36
5.2 Materiales.....	36



5.2.1	Material físico	36
5.2.2	Material biológico	36
5.2.3	Material químico	36
5.3	Manejo del experimento	36
5.4	Alimentación.....	37
5.5	Variables evaluadas	38
5.6	Toma de datos	39
6.	RESULTADOS.....	42
6.1	Numero de larvas muertas	42
6.1.1	<i>Tecia solanivora</i>	42
6.1.2	<i>Symmetrischema tangolias</i>	46
6.2	Tubérculos afectados	50
6.2.1	<i>Tecia Solanivora</i>	50
6.2.2	<i>Symmetrischema tangolias</i>	54
6.3	Grado de afección a los tubérculos	58
6.3.1	<i>Tecia Solanivora</i>	58
6.3.2	<i>Symmetrischema tangolias</i>	59
6.4	Tiempo de protección de los tubérculos	60
6.4.1	<i>Tecia Solanivora</i>	60
6.4.2	<i>Symmetrischema tangolias</i>	62
6.5	Estadio más susceptible.....	64
6.5.1	<i>Tecia solanivora</i>	64



6.5.2 *Symmetrischema tangolias*..... 67

6.6 Análisis de costos variables 69

7. DISCUSIÓN 70

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 76

8.1 Conclusiones..... 76

8.2 Recomendaciones..... 77

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 78

10. ANEXOS 82



Lista de anexos

Anexo 1: Elaboración de cámaras de cría	82
Anexo 2: Colocación de los tubérculos infectados en la cámara de cría	83
Anexo 3: Instalación de los sensores y colocación de los focos infrarrojos en las cámaras de cría	84
Anexo 4: Lectura y control de la temperatura	84
Anexo 5: Identificación de la especie <i>Tecia solanivora</i>	85
Anexo 6: Identificación de la especie <i>Symmetrischema tangolias</i>	85
Anexo 7: Aislamiento de las especies <i>Tecia solanivora</i> y <i>Symmetrischema tangolias</i>	86
Anexo 8: Alimentación de las polillas	86
Anexo 9: Aplicación del tratamiento de ceniza	87
Anexo 10: Aplicación del tratamiento azadiractina (Neem X)	88
Anexo 11: Aplicación del tratamiento del malathion	89
Anexo 12: Aplicaciones del tratamiento del chocho	90
Anexo 13: Recolección de larvas de <i>Tecia solanivora</i>	91
Anexo 14: Recolección de larvas de <i>Symmetrischema tangolias</i>	91
Anexo 15: Diseño experimental.....	92
Anexo 16: Toma de datos	92
Anexo 17: Eliminación de residuos.....	93



Índice de figuras

Figura 5.1. Ciclo biológico de la <i>Tecia solanivora</i> y <i>Symmetrischema tangolias</i> ...	29
Figura 7.1 Porcentaje de afección de los tubérculos para <i>Tecia solanivora</i>	59
Figura 7.2. Porcentaje de afección de los tubérculos para <i>Symmetrischema tangolias</i>	60
Figura 7.3. Tiempo de protección de los tubérculos en días para <i>Tecia solanivora</i> ...	61
Figura 7.4. Gráfico de tiempo de protección de los tubérculos en días para <i>Symmetrischematangolias</i>	63
Figura 7.5. Costos de los tratamientos por saco de 40 Kg.....	69
Figura 11.1. Cámara de crías	82
Figura 11.2. Tubérculos infestados en la cámara de cría	83
Figura 11 3. Cámara de cría de <i>Tecia solanivora</i> y <i>Symmetrischema tangolias</i>	84
Figura 11.4. Lectura de la temperatura.....	84
Figura 11.5. Captura de <i>Tecia solanivora</i>	85
Figura 11.6. Polilla de <i>Tecia solanivora</i>	85
Figura 11.7. Captura de <i>Symmetrischema tangolias</i>	85
Figura 11.8. Polilla de <i>Symmetrischema tangolias</i>	85
Figura 11.9. Cámaras de cría de <i>Tecia solanivora</i> y <i>Symmetrischema tangolias</i> ...	86
Figura 11.10. Alimentación de las polillas.....	86
Figura 11.11. Aplicación del tratamiento de ceniza en los tubérculos.....	87
Figura 11.12. Colocación de los tubérculos en las bandejas	87
Figura 11.13. Medición del Neem X.....	88
Figura 11.14. Aplicación del tratamiento del Neem en los tubérculos	88
Figura 11.15. Secado de los tubérculos	88
Figura 11.16. Colocación de los tubérculos en las bandejas.....	88



Figura 11.17. Aplicación del malathion en los tubérculos.....	89
Figura 11.18. Mezcla del tratamiento con los tubérculos.....	89
Figura 11.19. Colocación en las bandejas.....	89
Figura 11.20. Cocción del chocho	90
Figura 11.21. Aplicación del chocho en los tubérculos.....	90
Figura 11.22. Secado de los tubérculos	90
Figura 11.23. Colocación de los tubérculos en las bandejas.....	90
Figura 11.24. Recolección de larvas de <i>Tecia solanivora</i>	91
Figura 11.25. Larvas de <i>Tecia solanivora</i>	91
Figura 11.26. Recolección de larvas de <i>Symmetrischema tangolias</i>	91
Figura 11.27. Larvas de <i>Symmetrischema tangolias</i>	91
Figura 11.28. Diseño experimental de bloques completamente al azar	92
Figura 11.29. Daños ocasionados en los tubérculos	92
Figura 11.30. Ingreso de la larva al tubérculo	92
Figura 11.31. Toma de datos	93
Figura 11.32. Recolección de los residuos.....	93
Figura 11.33. Quema de los residuos.....	93



Índice de tablas

Tabla 5.1. Clasificación taxonómica del complejo de polillas	28
Tabla 5.2. Productos alternativos para el control de polillas de la papa	34
Tabla 6.1. Grado de afección de los tubérculos.....	39
Tabla 7.1. Influencia de los tratamientos en cuanto al número de larvas muertas del primer estadio de la especie <i>Tecia solanivora</i>	43
Tabla 7.2. Influencia de los tratamientos en cuanto al número de larvas muertas del segundo estadio de la especie <i>Tecia solanivora</i>	44
Tabla 7.3. Influencia de los tratamientos en cuanto al número de larvas muertas del tercer estadio de la especie <i>Tecia solanivora</i>	45
Tabla 7.4. Influencia de los tratamientos en cuanto al número de larvas muertas del cuarto estadio de la especie <i>Tecia solanivora</i>	46
Tabla 7.5. Influencia de los tratamientos en cuanto al número de larvas muertas del primer estadio de la especie <i>Symmetrischema tangolias</i>	47
Tabla 7.6. Influencia de los tratamientos en cuanto al número de larvas muertas del segundo estadio de la especie <i>Symmetrischema tangolias</i>	47
Tabla 7.7. Influencia de los tratamientos en cuanto al número de larvas muertas del tercer estadio de la especie <i>Symmetrischema tangolias</i>	48
Tabla 7.8. Influencia de los tratamientos en cuanto al número de larvas muertas del cuarto estadio de la especie <i>Symmetrischema tangolias</i>	49
Tabla 7.9. Influencia de los tratamientos en cuanto al número de larvas muertas del quinto estadio de la especie <i>Symmetrischema tangolias</i>	50
Tabla 7.10. Influencia de los tratamientos en la variable número de tubérculos afectados en el primer estadio de la especie <i>Tecia solanivora</i>	51
Tabla 7.11. Influencia de los tratamientos en la variable número de tubérculos afectados en el segundo estadio de la especie <i>Tecia solanivora</i>	52



Tabla 7.12. Influencia de los tratamientos en la variable número de tubérculos afectados en el tercer estadio de la especie *Tecia solanivora* 53

Tabla 7.13. Influencia de los tratamientos en la variable número de tubérculos afectados en el cuarto estadio de la especie *Tecia solanivora*..... 54

Tabla 7.14. Influencia de los tratamientos en la variable número de tubérculos afectados en el primer estadio de la especie *Symmetrischema tangolias*..... 55

Tabla 7.15. Influencia de los tratamientos en la variable número de tubérculos afectados en el segundo estadio de la especie *Symmetrischema tangolias* 55

Tabla 7.16. Influencia de los tratamientos en la variable número de tubérculos afectados en el tercer estadio de la especie *Symmetrischema tangolias*..... 56

Tabla 7.17. Influencia de los tratamientos en la variable número de tubérculos afectados en el cuarto estadio de la especie *Symmetrischema tangolias* 57

Tabla 7.18. Influencia de los tratamientos en la variable número de tubérculos afectados en el tercer estadio de la especie *Symmetrischema tangolias*..... 58

Tabla 7.19. Influencia de los tratamientos en la variable tiempo de protección de los tubérculos en días para la especie *Tecia solanivora* 62

Tabla 7.20. Influencia de los tratamientos en la variable tiempo de protección de los tubérculos en días para la especie *Symmetrischema tangolias*..... 64

Tabla 7.21. Pruebas de Duncan para la determinación del estadio más susceptible de la especie *Tecia solanivora* 65

Tabla 7.22. Influencia de los tratamientos en cuanto a la variable estadio más susceptible de la especie *Tecia solanivora* 66

Tabla 7.23. Pruebas de Duncan para la determinación del estadio más susceptible de la especie *Symmetrischema tangolias*..... 67

Tabla 7.24. Influencia de los tratamientos en cuanto a la variable estadio más susceptible de la especie *Symmetrischema tangolias*..... 68



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Ana Lucía Herrera Rojas en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la eficiencia de productos alternativos para el control de *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangalias* en diferentes estadios larvarios", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 08 de marzo del 2022

Ana Lucía Herrera Rojas

C.I: 0302714605



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Erika Paola Rodríguez Lazo en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la eficiencia de productos alternativos para el control de *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangollas* en diferentes estadios larvarios", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 08 de marzo del 2022

Erika Paola Rodríguez Lazo

C.I: 0302898499



Cláusula de Propiedad Intelectual

Ana Lucia Herrera Rojas, autora del trabajo de titulación "Evaluación de la eficiencia de productos alternativos para el control de *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangollas* en diferentes estadios larvarios", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 08 de marzo del 2022

Ana Lucia Herrera Rojas

C.I: 0302714605



Cláusula de Propiedad Intelectual

Erika Paola Rodríguez Lazo, autora del trabajo de titulación "Evaluación de la eficiencia de productos alternativos para el control de *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias* en diferentes estadios larvarios", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 08 de marzo del 2022

Erika Paola Rodríguez Lazo

C.I: 0302898499



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por ser la guía en el transcurso de nuestra vida, brindándonos sabiduría para culminar con éxito nuestras metas propuestas.

A nuestros padres, por su apoyo, motivación y sacrificio durante todo este proceso educativo, sin ustedes no habría sido posible este logro.

De manera especial a nuestro director de tesis Ing. Walter Larriva por sus conocimientos, tiempo y paciencia para el desarrollo de la tesis. Gracias por el apoyo, los consejos y por la confianza depositada como docente y amigo a lo largo de la carrera universitaria y a todos los docentes por habernos brindado el apoyo para desarrollarnos profesionalmente y haber inculcado valores.

Ana Herrera, Erika Rodríguez



DEDICATORIA

Mi tesis la dedico a Dios por darme la vida, salud y la fuerza necesaria para alcanzar mis metas propuestas y objetivos de vida. A mis padres, Delia y Freire, mil gracias por brindarme su apoyo, consejos, amor incondicional, han sido un pilar fundamental en mi desarrollo personal y académico. A mis hermanos, Adrián y Jairo por la motivación, confianza y el cariño que me han brindado de la manera más sincera. A mi sobrino Dylan por ser esa alegría que da a mi vida y a todos mis familiares y amigos que de una u otra forma contribuyeron en el camino para alcanzar esta meta.

Erika

Dedico mi tesis a Dios por darme la fortaleza y salud para continuar, de igual manera con mucho amor la dedico a mis padres Luis y Rosa que han sido mi apoyo y guía y por ayudarme a alcanzar una nueva meta en mi vida. A mi compañero de vida Edison y a mi amada hija Hellen que son mi motivación para mejorar cada día. A mis hermanos Carlos, José y Nelly y a todos mis familiares y amigos que estuvieron conmigo apoyándome a lo largo de mi carrera universitaria.

Ana



1. INTRODUCCIÓN

La papa representa una fuente primordial para la alimentación, su consumo es indispensable por su valor nutritivo en carbohidratos, que lo han convertido en el tercer alimento más importante en el mundo. A nivel del Ecuador es el segundo cultivo más importante, para la seguridad alimentaria e imprescindible en la canasta básica de la población ecuatoriana. De hecho, su participación es fundamental para la economía nacional, pues representa el 3,5% del PIB, siendo uno de los principales productos destinados al consumo y el pilar fundamental en los rubros de la economía agrícola campesina de la región sierra, y de los pequeños y medianos productores (Naranjo, 2015).

De acuerdo a Velasco (2015) afirma; la mayor aportación en la producción del cultivo de papa proviene exclusivamente en un 88% de pequeños y medianos productores de la agricultura campesina, tan solo el 12% es proporcionado por los productores de cultivos extensivos, siendo uno de los principales ingresos económicos y de importancia social para la agricultura altoandina, ya que de esta actividad agrícola dependen cientos de familias campesinas, productores, jornaleros y otros.

Según los datos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias - INIAP en el VII Congreso Ecuatoriano de la Papa (2017), en todo el territorio ecuatoriano existe alrededor de 66 mil hectáreas cultivadas con papa, de cuya superficie el 14,04% corresponde a la producción de la sierra Sur (Cañar 4,107 ha, Azuay 3,361 ha y Loja 6,17 ha). De acuerdo con la productividad, el cultivo de papa tiene un rendimiento promedio a nivel nacional de 16,5 t/ha, mientras que Cañar cuenta con el 19,3 t/ha de producción y Azuay con el 10,8 t/ha. Siendo las provincias de Carchi (30,5 t/ha) y Sucumbíos (24,9 t/ha) con mayor producción. Sin embargo, la tendencia de esta productividad se ha visto reducida, pues en la provincia del Azuay en un cultivo de 1 498 ha se ha cosecha únicamente 1 341 ha por año, en tanto que en Cañar la siembra de 2 186 ha, cosechado 1995 ha con una producción anual de 8461 Tm. Dichas pérdidas responde a dificultades fitosanitarias, principalmente plagas y enfermedades en un 47% de los casos del cultivo, la consecuencia primordial es el mal manejo de plagas en el cultivo de campo y de postcosecha (Villanueva y Saldamando, 2017).



Chirinos et al (2019), considera que las plagas constituyen las principales limitantes bióticas para el cultivo de papa, de las cuales las más importantes son el gusano blanco y el complejo de polillas, que en ambientes ideales pueden producir la pérdida total del tubérculo, provocando daños económicos al productor estimados en 150 millones de dólares al año que han afectado a agricultores de Ecuador, Colombia y Perú.

Entre las principales plagas del cultivo de papa, se identifica el complejo de polillas, donde se encuentra las más importantes la *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias*, especies que han proliferado a la largo del Ecuador, adaptándose a los climas de las diferentes zonas paperas de la sierra. La presencia de estas polillas afecta el proceso de control de plagas tanto en el cultivo como en el almacenamiento. Situación que ha promovido el uso indiscriminado de productos químicos de severa toxicidad, ante la necesidad desesperante de los productores de controlar la plaga en el campo y almacenamiento, lo cual ha conllevado a un riesgo para la salud y el ecosistema por el continuo uso de plaguicidas. Esto dada la ineficacia del control de los agricultores, que obvian aspectos fundamentales de la biología del insecto, generando a largo plazo resistencia en el insecto a causa de los pesticidas, y daños en el ambiente del cultivo propiciando a mayores perjuicios; tanto económicos, ambientales y de salud (Ríos et al., 2019).

Hoy en día es común este tipo de plagas en los cultivos de papa, sobre todo en las provincias de Carchi, Azuay y Cañar. Villanueva y Saldamando (2017), citan que estas plagas provocan daños al tubérculo, deteriorando su calidad haciéndolos inservibles, tanto para su consumo como para ser comercializado, causando pérdidas económicas al agricultor, y el área cultivada que son cuestiones que desalientan a los productores. Tanto la *Tecia* como *Symmetrischema*, son lepidópteros que en la etapa larvaria se alimentan del tubérculo, y en estado adulto de polilla afectan al cultivo de campo, por lo cual atacan a ambos estados del producto; almacenamiento y al cultivo de papa. Según se tiene registrado, la *Tecia solanivora* inicio su infestación en la provincia del Carchi y la *Symmetrischema tangolias* en Loja, a causa de semillas de papa contaminadas, producto de la comercialización de papa proveniente de Colombia y Perú respectivamente (CORPOICA, 1999). Por lo cual las polillas se han diseminado y establecido en la sierra Sur del Ecuador tanto a nivel de



almacenamiento como de campo, las cuales habitan y prefieren zonas que se encuentren entre los 2 800 a 3 7000 msnm y de climas secos. La principal diferencia entre estas polillas es que la *Tecia solanivora* ataca principalmente a los tubérculos almacenados, pudiendo provocar la pérdida completa del producto guardado, mientras que la *Symmetrischema tangolias* afecta habitualmente a los cultivos de campo, y pueden dañar todo el cultivo si no existe un control apropiado. Sobre todo, la infestación de estas plagas puede ser mayor en la etapa de tuberización del cultivo.

En el Ecuador estas plagas han producido las mayores pérdidas económicas a los productores paperos, originando un mayor nivel de pobreza y uso desmedido de insecticidas, que incrementan la contaminación del medio ambiente y el riesgo para la salud. No obstante, se desarrollan importantes estudios para mitigar los efectos de las plagas, comprendiendo sus características, ciclos de vida y métodos de control efectivo, que mantengan una producción equilibrada sin afectar a la salud y el ambiente, favoreciendo a la economía del agricultor (Pijuango, 2020). Ya que los agricultores no utilizan estrategias de prevención, por lo que, los controles los realizan directamente con pesticidas, que son considerablemente perjudiciales para la salud. En el 95% de los casos en el manejo de las polillas de la papa, el malathion resulta ser el principal sistema empleado para el control de esta plaga, usándolo en diferentes concentraciones según los daños causados; entre 5 al 10 %, tanto en bodega como en el campo, siendo un producto de considerable toxicidad, que suponen un peligro para la salud del agricultor y su familia como también para el ecosistema del cultivo de papa (Calle, 2017).

Bajo este escenario, a decir del INIAP (2017) concibe que los esfuerzos están centrados en proveer productos que sean amigables y menos dañinos para la salud, que estén considerados dentro del manejo integral de plagas (MIP), con el fin de solventar las dificultades del manejo de semillas en lugares de bodega y la dispersión de la plaga en el cultivo de campo, puesto que el agricultor desconoce del MIP, y de algunas nuevas medidas de control de plagas por polillas que han ido surgiendo, como el control biológico y el control natural que brindan la sostenibilidad agrícola al cultivo de papa sobre todo muestran gran eficacia.



Como principal método de estas alternativas es el uso de bioplaguicidas a base de productos de origen botánico, dado que estos realizan un biocontrol de plagas limpio y amigable con el ambiente, este control botánico es utilizado como estrategia preventiva y repelente que aprovecha de las plantas sus propiedades plaguicidas para controlar diversas plagas en diferentes cultivos entre estos el complejo de polillas de la papa (Maldonado, 2017). Esta forma de control es sumamente accesible para los agricultores, y ante todo viable porque no requiere de una gran inversión para controlar los daños que ocasionan las plagas. La principal característica de este método es que interrumpe el ciclo biológico de la polilla, siendo muy eficiente como método preventivo en la infestación de la plaga, y deterioro del tubérculo, que se lo emplea tanto en almacenamiento como en campo, convirtiéndose en el principalmente método defensivo para el ataque de plagas y la diseminación del insecto (Iannacone y Lamas, 2002).

A decir de Morante Silva (2019) considera que las cenizas de eucalipto, el agua de cocción de chocho y aceite de azadiractina, son alternativas confiables y eficaces, que protegen a las semillas de la papa en bodega y la infestación al cultivo en campo por su acción repelente y pesticida, lo cual cuida al ecosistema, reduce y elimina la dependencia de productos químicos, y sobre todo es biodegradable por lo que evita la resistencia del insecto por condiciones de excesiva duración del agente en el ambiente, por lo que constituye una medida de control ecológica, eficiente y sustentable.

Por lo tanto, el propósito de este estudio es analizar la eficiencia de diferentes productos alternativos en el control de *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias* en diferentes estadios larvarios. Para lo cual la investigación se ha dividido en cuatro capítulos. En el primer capítulo se ha referencia a la introducción, objetivos e hipótesis asociada a la eficacia de productos alternativos para el control de la polilla de la papa. El segundo capítulo se realiza una revisión bibliográfica de las características de las polillas de la papa y sus estrategias de control para el cultivo de papa. Mientras que en el tercer capítulo se describe los materiales y métodos, empleados para los trabajos de campo y ensayos que se realizaron bajo la metodología cuantitativa experimental. Posteriormente en el capítulo cuatro se muestran los resultados y discusión del ensayo realizado a los diferentes estadios larvarios de las polillas



con los controles alternativos utilizando eucalipto, agua de chocho y azadiractina. Finalmente se tiene las conclusiones y recomendaciones de la investigación, destacando los aspectos más importantes del estudio.



2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Analizar la eficiencia de productos alternativos para el control de *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias* en diferentes estadios larvarios.

2.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la eficiencia de los diferentes productos alternativos.
2. Determinar la susceptibilidad de los diferentes estadios larvarios a los productos evaluados.
3. Analizar el tiempo de protección de los tubérculos para cada uno de los tratamientos evaluados.
4. Analizar los costos variables de los productos alternativos.

3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

H0: Ninguno de los tratamientos en estudio es eficiente para manejar/controlar las polillas de la papa de las especies *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias* postcosecha.

Ha: Al menos uno de los tratamientos en estudio es eficiente para manejar/controlar las polillas de la papa de las especies *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias* en postcosecha



4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El cultivo de papas es una de las actividades agrícola de mayor influencia en la región Andina de todo Latinoamérica, principalmente llevada a cabo en las zonas rurales. Sin embargo, la vulnerabilidad a la infestación de plagas agrícolas constituye un factor fundamental que puede poner en riesgo la seguridad alimentaria ante la demanda poblacional de alimentos de este tubérculo. La presencia de plagas invasivas ocasiona daños al producto que lo vuelven inservible tanto para el consumo como para ser usado como semilla en la producción del cultivo (INIAP, 2017; Pérez et al., 2017; Ríos et al., 2019).

En la agricultura convencional, la necesidad de controlar las plagas depende de la efectividad y sostenibilidad de los plaguicidas, pero el problema de la ineficiencia de este control de plagas en las papas, radica en la no sostenibilidad de los pesticidas químicos (Velasco, 2015), dado que los insectos plaga desarrollan resistencia, haciendo que los químicos por el contrario perjudiquen el medio ambiente y la salud, siendo indispensable la aplicación de alternativas eficientes, sostenibles y amigables (Altamirano et al., 2019).

4.1 Características e importancia del cultivo de papa en Ecuador

La papa es un cultivo exclusivo de las zonas templadas y frías del Ecuador. Es cultivada en climas que fluctúan entre los 6 a 15 ° C en altitudes que están entre los 2 000 a 3 700 msnm. Particularmente, la mayor producción (88%) lo realiza el sector de la agricultura familiar campesina (AFC) y (12%) la agricultura industrial (Calle, 2017; Ríos et al., 2019). Se lo considera como el sistema de producción alimenticia y económica más importante de la sierra ecuatoriana, pues representa el 3,5 % del PIB agrario del país equivalente a 60 millones de dólares anuales, siendo una de las bases fundamentales de la seguridad alimentaria (segundo producto más importante para la alimentación), y de la economía nacional (Brechelt, 2017).

Por su diversidad genética e importante aporte nutricional y de ingresos para las familias campesinas, la papa se ha convertido en una actividad primordial para la economía agrícola ecuatoriana de pequeños y grandes agricultores. Cuya producción ocupa cerca de 66 mil hectáreas, realizada principalmente por



los pequeños y medianos agricultores de la AFC, que representan el 70% del área cultivada. A nivel nacional se produce 480 mil toneladas de papas, con un rendimiento promedio de 16.5 t/ha, cuyo aporte mayoritariamente proviene de Sucumbíos (30.4 t/ha) y Carchi (24.9 t/ha), pero también, de Cañar (19.3 t/ha) y Azuay (10.8 t/ha) (García et al., 2017; Gumpel, 2017; INIAP, 2017).

En la demanda nacional el producto está destinado; 74% al consumo domiciliario, 9% consumo industrial y 17% para semilla. Sin embargo, la escases en cantidad y calidad de semillas en el mercado, ha limitada su productividad en épocas de siembra alterando su disponibilidad. En el rendimiento del cultivo de papa, su mayor producción por provincia en la cobertura nacional se halla en Carchi, Cotopaxi y Sucumbíos que suman el 65.3% de aportación productiva, seguido de Cañar (7%) y Azuay (5%), a pesar de ser regiones aptas y de gran agro diversidad del producto, su aportación todavía no es significativa en relación con otras provincias (Chingal, 2019; Coronado, 2018; INIAP, 2017).

En lo que concierne a la variabilidad productiva del producto por región, esta se debe a las condiciones geográficas, agroecológicas y prácticas agronómicas, siendo esta última la principal causa de pérdida en la superficie de producción del cultivo de papa, a pesar, de que en las provincias de Azuay, Chimborazo y Pichincha prevalece el uso de semilla certificada, no se cuantifican sus beneficios debido a factores exógenos; el clima, malas prácticas agrícolas, situación de plagas/enfermedades. Razón por la cual es necesario mejorar los procesos agronómicos y agroecológicos; antes, durante y después del desarrollo del producto (Chirinos et al., 2019; Maldonado, 2017).

4.2 Efectos de las plagas en el cultivo de papas

El cultivo de papas habitualmente a lo largo de su producción desde su siembra, cosecha y posterior almacenamiento está afectado por diversos factores, principalmente bióticos como son las plagas y enfermedades (Muñoz, 2019). En consecuencia, reducen el volumen de producción y calidad del producto imposibilitando su comercialización y consumo. Los insectos plaga provocan los mayores problemas y daños al tubérculo; reduciendo a un 47% el rendimiento de producción del cultivo.



Dada la situación geográfica del Ecuador, es considerado un país potencialmente agrícola. Sin embargo, en las últimas décadas varios de sus cultivos de importancia económica especialmente papas, han sido vulnerables a los ataques de insectos plaga, conllevando a pérdidas económicas y a limitar su productividad (García, 2017). De las principales plagas, está el gusano blanco y el complejo de polillas, fundamentalmente estas plagas ocasionan gran daño al tubérculo (50% y 40% respectivamente), con pérdidas tanto a nivel de campo como almacenamiento; entre el 40% y 100 % del producto que generan pérdidas económicas de aproximadamente 150 millones (Morante, 2019).

Para Trujillo Ruiz et al., (2018) la polilla de la papa es una plaga nativa en Latinoamérica, cuyas condiciones de hábitat han sido idóneas para que se disipe, a razón de la importación de semillas contaminadas; apestando con la plaga a las regiones paperas. Es así, que es uno de los principales problemas fitosanitarios que atraviesan los agricultores en sus cultivos, por la pérdida de calidad en los tubérculos afectados.

Para el Ecuador es uno de los insectos plaga, más nocivos y comunes que limitan la producción del cultivo, dado que pueden ocasionar la pérdida completa del tubérculo sobre todo a nivel de almacenamiento. No obstante, en campos críticamente infestados pueden arruinar el 80% del cultivo, siendo más vulnerables las cosechas de papas en verano, donde la plaga afecta más al cultivo de campo, dificultando así su almacenaje para fines de semilla (Iannacone y Lamas, 2002).

Evidentemente los daños al tubérculo y la presencia de polillas se hallan en zonas andinas e interandinas comprendidas entre los 2 800 a 3 700 msnm, peculiaridad que la hace apta y predilecta para los climas templados y fríos. De entre las principales plagas, del complejo de polillas de papa en Ecuador, están las especies lepidópteras *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias*. Estas polillas actualmente son las plagas más peligrosas e importantes en el cultivo de las regiones paperas de la sierra ecuatoriana (García, 2017; Gumpel, 2017; INIAP, 2017; Villanueva y Saldamando, 2017).



4.3 Origen y distribución del complejo de polilla de la papa

Tecia solanivora

Esta polilla es una plaga nativa de Centroamérica (endémica de Guatemala), su diseminación ha sido rápida gracias al comercio de papa y semilla no certificada entre países; principalmente provenientes de Costa Rica. Lo cual ha permitido, que su distribución geográfica, se extienda de Centro a Sur América. Siendo, una de las principales plagas de la papa en Colombia, Venezuela, Ecuador y como plaga de cuarentena de Perú. Se encuentra en latitudes desde los 2 000 a 3 500 msnm, y destruye los tubérculos en campo y poscosecha (Aldás, 2017; Pérez et al., 2017).

La infestación de larvas de *Tecia* en Ecuador comienza en la provincia del Carchi, de donde la plaga se ha ido dispersando de norte a sur abarcando las provincias de la sierra, reportándose la presencia de esta en las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, Cañar y Azuay; En Chimborazo la plaga a destruido el 60% del cultivo a nivel de campo, sin embargo, en localidades por encima de 3 300 msnm no existe esta plaga (Granados y Giraldo, 2020).

Symmetrischema tangolias

Es una plaga originalmente descrita en Australia, y su distribución sea extendió por Sur América y EE. UU. Actualmente, la *S. tangolias* es conocida como polilla andina de la papa por ser una especie típica de esta región, su disipación aglomera a los países de Argentina, Chile, Bolivia, Perú, Colombia y regiones tropicales y subtropicales. En Ecuador, la infestación de esta polilla ocurrió en la frontera sur del Perú, precisamente en la provincia de Loja a causa de semillas contaminadas, permitiéndole desplazarse por las provincias paperas de centro sur (Maulana, 2017; Pérez, 2018).

La plaga radica en altitudes por encima de los 2 500 msnm, esta polilla ataca primordialmente al follaje y al tubérculo, pero es mucho más amenazante por su rápida dispersión a nivel de almacenamiento que en el campo, puesto que, reduce la productividad en el cultivo de papa de 45 a 70 % inclusive el 100% si no es controlada (Naranjo, 2015; Taramuel, 2017). En Ecuador la plaga es agresiva, y su presencia ha atacado tanto a los tubérculos en el campo como

almacenamiento, con pérdidas entre el 2 y el 78%. Reportándose últimamente casos en las provincias de Carchi, Riobamba, Salcedo y Azuay, por tubérculos de semilla infestados (80%) con la plaga y daños en el cultivo y almacenaje (Calle, 2017; Cañar, 2017).

4.3.1 Clasificación taxonómica de las polillas

Tecia solanivora, y *Symmetrischema tangolias* corresponden a la siguiente clasificación taxonómica, como se aprecia en la Tabla 5.1 las características de los insectos plaga.

Tabla 5.1. Clasificación taxonómica del complejo de polillas

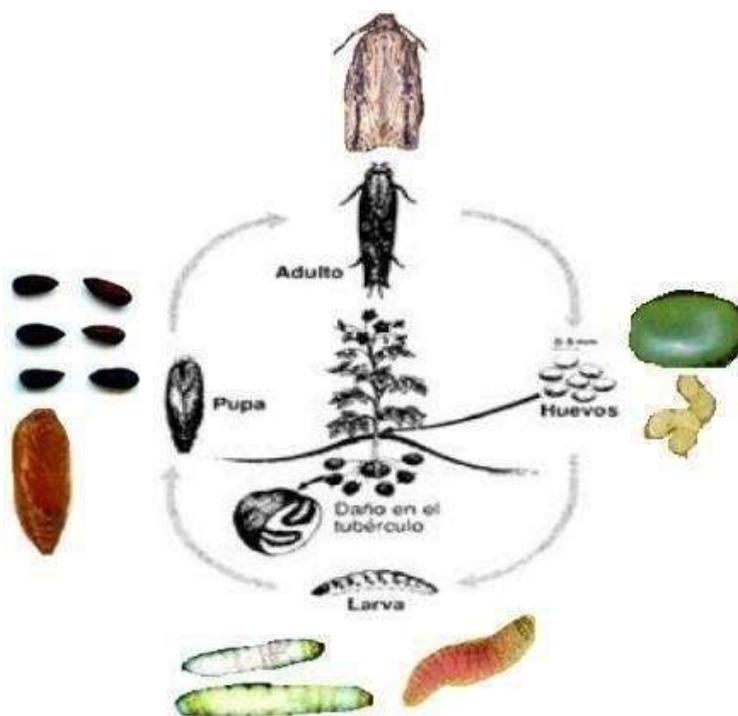
Taxonomía	<i>Tecia solanivora</i>	<i>Symmetrischema tangolias</i>
Reino	Animalia	Animalia
Phylum	Arthropoda	Arthropoda
División	Endopterygota	Heteroneura
Clase	Insecta	Insecta
Orden	Lepidóptera	Lepidóptera
Familia	Gelechiidae	Gelechiidae
Genero	<i>Tecia</i>	<i>Symmetrischema</i>
Especie	<i>Solanivora</i>	<i>Tangolias</i>

Fuente: Villanueva y Saldamando Benjumea, 2017.

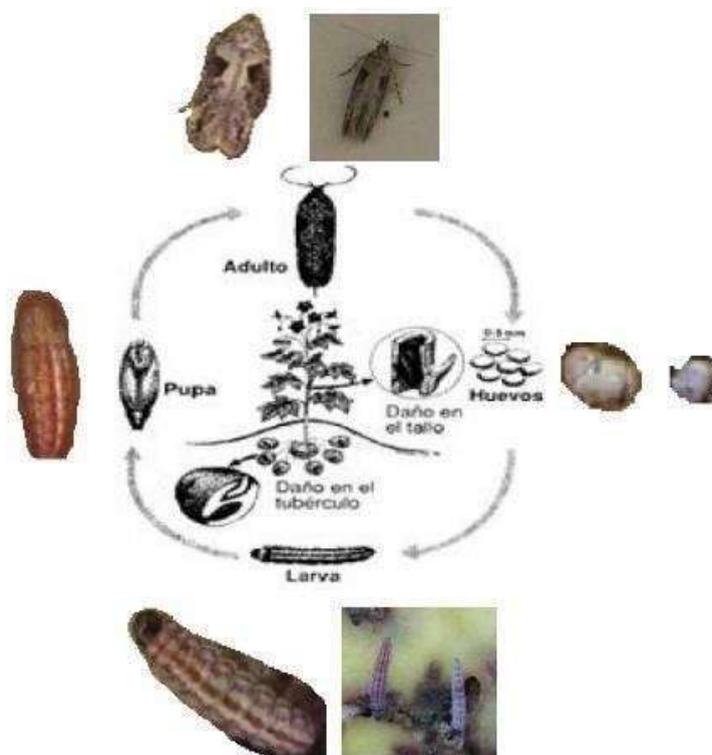
4.3.2 Biología y morfología de las polillas

Como todos los insectos lepidópteros, las polillas *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias* tiene una metamorfosis completa, es decir presentan un ciclo de vida de cuatro fases; huevo, larva, pupa y adulto, en cuyo desarrollo las polillas pueden habitar tanto en el cultivo como en los lugares de almacenaje del tubérculo de papa (Altamirano et al., 2019). Para la descripción hemos tomado estudios experimentales desarrollados en Venezuela, Colombia y Ecuador, que detallan las principales características de los cuatro estadios de la *Tecia* s. y *S. Tangolias* (véase la Figura. 5.1 y Tabla 5.1) (Brechelt, 2017; Calderon et al., 2018; Cantú y Robles, 2017; Coronado, 2018; CORPOICA, 1999).

Figura 5.1. Ciclo biológico de la *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias*



Tecia solanivora



Symmetrischema tangolias

Fuente: Castillo, 2016; Naranjo, 2015



4.4 Comportamiento y daños de las polillas

La polilla *Tecia solanivora* es particularmente de hábito nocturno, vuela a baja altura y es sumamente activa en el atardecer, la noche y el amanecer; periodos donde copula y oviposita por feromonas. Durante el día se refugia en lugares sombreados; en el suelo del campo, malezas y en los tubérculos de almacenaje. La hembra deposita sus huevos; en grutas cerca de la base del tallo de la planta, encima de tubérculos desprotegidos y en las bodegas sobre superficies con depresiones, cuya incubación tiene una viabilidad de 78 al 98% (Pérez et al., 2017; Villanueva y Saldamando, 2017).

La larva de la polilla *Tecia* es voraz y se alimenta exclusivamente del tubérculo para completar su desarrollo. Los tubérculos afectados muestran considerable daños, con aperturas de múltiples galerías verticales y horizontales, en las que quedan residuos de

alimento, excremento, exuvias larvales y moho, que dan una tonalidad oscura al tubérculo, degradando su calidad y la entrada de bacterias que provocan pudriciones secundarias haciéndola inservible para el consumo humano. Su ataque afecta tanto al cultivo como almacén, siendo una plaga reconocible por ser la papa su único hospedero, estimándose que el tiempo para nacimiento de la polilla adulta dura entre 70 a 80 días lapso en que la larva se alimenta solo del tubérculo (Castillo, 2016; Pijuango, 2020).

La plaga adulta de *Symmetrischema tangolias* es de estado nocturno, esta vuela rápidamente ante vibraciones. La hembra inicia se copula horas después de nacer, depositando sus huevecillos en los brotes de los cultivos de papa, en los haces de las hojas, o en su defecto directamente en los tubérculos, o sobre los sacos almacenados.

Los ataques de *S. tangolias* provocan desecación de tallos y muerte de la planta, se sabe que la larva en los tubérculos puede reunirse con otras larvas, para crear un conjunto de agujeros e ingresar a su interior, perforando el lado recostado del tubérculo donde aprovecha la humedad y sombra, mostrando la pulpa numerosas galerías y túneles que acumulan excremento y un alto contenido de agua amarga (Cuasapaz, 2017; Velasco, 2015). La plaga provoca daños a la parte aérea de los tallos, follaje, y a los tubérculos en el campo,



especialmente en almacenamiento ocasionando grandes pérdidas. Al final del su instar larval, sale de la papa y se adhiere a esta para empupar, bien sea en el saco o en el suelo.

4.5 Ecología térmica de las polillas de la papa

La temperatura es un factor importante que controla el desarrollo de las polillas *Tecia* y *Symmetrischema*. La repuesta de estas plagas puede variar en función de la temperatura y altitud; puede aumentar o reducirse la duración del ciclo biológico. Es así como la *Symmetrischema tangolias* está mejor adaptada a los climas fríos, tolera todas las temperaturas desde los 10 a 22 °C, cuyo ciclo de vida va de 67,5 a 82 días aproximadamente. Mientras que la *Tecia solanivora* presenta un patrón intermedio de 15 a 25°C, con un ciclo biológico de 94,7 a 41,58 días. Esta información es muy importante para el manejo integrado de las plagas; podemos acontecer las zonas de mayor infestación y adoptar las medidas de control de polillas de la papa pertinente (CORPOICA, 1999; Gumpel, 2017).

4.6 Métodos de control en polillas de la papa

Los métodos de control permiten reducir drásticamente la infestación y ulterior infestación de las polillas en los tubérculos, y a mantener en armonía el ecosistema del cultivo. Habitualmente se utiliza tres tipos de controles; biológico, químico y natural, dependiendo de su eficacia, son aplicadas tanto en la papa de campo como en bodega.

4.6.1 Control biológico

En las polillas ha tenido una aplicación eventual con resultados variados. Sin embargo, es parte fundamental para el manejo integrado de plagas (MIP). Se basa en el principio natural de utilizar microorganismos; parásitos, bacterias y virus, dado que hay especies que se alimentan, viven y se reproducen a costa de otros, cuyas poblaciones pueden ser reguladas por las primeras en los distintos ecosistemas, como depredadores (agentes biológicos) para un control natural (Chingal, 2019; Muñoz, 2019).



De hecho, el Baculovirus es un bioinsecticida un agente usado para el control biológico de la polilla de la papa. La tasa de mortalidad larval es 90 a 95,34%, pero el tiempo de respuesta de la larva es largo (20 a 25 días para morir) con lo cual sigue alimentándose. Es una buena alternativa por su fácil uso y capacidad para crearse in vitro, no representa un riesgo para la salud y el ambiente, evita el uso de agentes químicos y problemas de residualidad del pesticida. Se acopla a otras tácticas de control para potenciar su acción; bioinsecticidas o cepas virales, que aseguran e incrementan su eficacia. Controla a corto plazo el 100% de larvas de *Tecia solanivora* infectadas (Pintado, 2017).

4.6.2 Control químico

Consiste en el uso de pesticidas químicos, cuyo uso indiscriminado ha generado grandes perjuicios al ecosistema, la ecología y la salud por su alto nivel de toxicidad y residuos. Cerca del 85% de agricultores recurren a esta táctica de control, por su alta eficacia protectora (97,2%) y resultados visibles inmediatos (Ríos et al., 2019; Villanueva y Saldamando, 2017). Sin embargo, su recurrencia a mayores dosis ha ocasionado problemas de resistencia a los insecticidas, y la manifestación de nuevas plagas en la polilla de la papa, lo que motiva a encarecer el control e incrementar la dosis de aplicación de insecticidas para proteger las papas.

El malathion es el pesticida más utilizado (95% de los casos), en concentraciones de 5 y 10 % para proteger la semilla, su aplicación se realiza espolvoreando en capas finas que cubran al tubérculo, matando a las larvas por contacto o ingestión. El uso racional, de este pesticida permite obtener tubérculos de alta sanidad e incrementa la productividad. A bajas concentraciones, sin caer en el uso desmedido es muy exitoso, admite buena protección del tubérculo y control de la polilla de la papa (Chirinos et al., 2019; INIAP, 2017).

4.6.3 Control natural

Este método permite un control limpio, sin la adversa y drástica necesidad de agroquímicos. Se basa en la elaboración de un tipo de bioplaguicida a partir de fuentes naturales; plantas, animales y minerales. Donde figura



fundamentalmente el control botánico, mediante el uso de plantas que contengan propiedades placidas y repelentes, cuyos resultados son significativos y eficientes para combatir las plagas agrícolas en diferentes cultivos. Generalmente es empleada como medio preventivo de infestación y deterioro, como puede ser en tubérculos de papa sanos (Pérez, 2018).

En los insectos polilla, es ocupado como mecanismo natural de biocontrol. De manera, que su control natural presenta un nivel de acción, que interrumpe el ciclo biológico de la polilla, siendo ocupado como medio defensor contra su ataque, ofreciendo una alta eficacia previa a la infestación (Bedmar, 2017)). De entre estas alternativas naturales promisorias deriva el eucalipto, agua de chocho y azadiractina (véase la Tabla 5.2).

**Tabla 5.2.** Productos alternativos para el control de polillas de la papa

	Eucalipto	Azadirachtina (Neem X)	Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>)
Características bioplaguicidas	<p>La planta de eucalipto protege a los tubérculos de papa, de los daños de las polillas; puede usarse como en ceniza, hoja seca o tierna</p> <p>El eucalipto tiene una amplia variedad de actividades biológicas; como planta repelente, anti-fungicida e insecticida; el aroma de sus hojas tiernas, repelen a la <i>Tecia s.</i>, previniendo la proliferación y colonización de plagas, con una eficacia protectora del 44%</p> <p>Protege los brotes de las plagas, con lo cual controla y reduce la incidencia del ataque de polillas y su propagación, manteniéndolas a un nivel tolerable; tanto en campo como poscosecha de la papa</p> <p>No es toxico, no afecta al medio ambiente, ni al ser humano por ser un producto ecológico para el control, siendo una opción económica para la conservación de papa en el MIP</p>	<p>Permite controlar diversas plagas agrícolas; prevenirlas o eliminarlas a través del extracto de sus hojas y frutos, siendo utilizado como pesticida botánico</p> <p>Su actividad plaguicida es altamente efectiva, los metabolitos del meen bloquean el sistema endocrino y alteran la metamorfosis, que de una forma específica inhibe el crecimiento, reproducción y alimentación de los insectos, en cualquiera de sus estadios, logrando reducir su población y daños</p> <p>Sus principios/ sustancias activas (azadiractina) de alta biodegradación, lo convierten en un recurso económico, seguro, eficaz y confiable para el MIP</p> <p>Es biodegradable, libre de restricciones toxicológicas, no produce desequilibrios en el ecosistema y actúa como fertilizante</p>	<p>El agua de cocción de chocho sirve a los agricultores como fungicida para controlar plagas.</p> <p>Su líquido desamargado contiene alcaloides, sustancia usada en la fertilización de papas que en significativas concentraciones atenúan la presencia de plagas como la polilla <i>Tecia s.</i></p> <p>Tiene un beneficio agronómico, porque mejora la materia orgánica, en la estructura y retención de humedad de la tierra y regula el crecimiento de los cultivos de papa, trigo, etc.</p>
Método de Acción	Las cenizas del eucalipto del eucalipto cubiertas en el tubérculo ofrecen una protección repelente y pesticida, alternativa que es recomendada a nivel de bodega en papas de consumo o semilla por su eficacia (90%)	Su aplicación actúa como repelente, rociando el aceite o macerando las hojas en el cultivo afectado para mitigar las plagas, su eficiencia es recomendada en bajas poblaciones de plagas y áreas pequeñas de cultivo	Los alcaloides del chocho obtenidos de la cocción, en altas concentraciones, actúan como pesticidas en el cultivo al ser irrigados, reduciendo los ataques de polillas básicamente en sistemas de bodega

Fuente: (Cantú y Robles, 2017; CORPOICA, 1999; García, 2017; Morante, 2019; Pallo, 2017)



En conclusión, los pesticidas son eficaces, pero al estar mucho tiempo impregnados en el ambiente causan resistencia en las plagas, lo que deviene en su mal uso y manejo, mientras las nuevas alternativas para controlar la polilla; tratamientos naturales y biológicos, pueden complementarse entre sí, incluso con insecticidas para mejorar la eficiencia del MIP a efecto de reducir/eliminar su aplicación y dependencia, evitando los factores implícitos que incurre la plaga, y repercusiones al medio ambiente, la salud, favoreciendo a la economía productiva de los agricultores en las zonas paperas, de una forma sustentable, eficaz y ecológica sin reducir el rendimiento; teniendo en cuenta que ningún método de control visto es del todo satisfactorio para controlar a la polilla.



5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en la provincia del Azuay, cantón Cuenca, parroquia Cañaribamba.

5.2 Materiales

Para el trabajo en campo de la presente investigación se utilizaron materiales: físicos, químicos y biológicos, que se detallan a continuación.

5.2.1 Material físico

Envases de plástico, focos, plásticos, tiras de madera, algodón, bandejas, balanza, cámara fotográfica, baldes plásticos, guantes, mascarilla, libro de campo, lupa.

5.2.2 Material biológico

Tubérculos de papa, larvas de *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias*, granos de *Lupinus Mutabilis*, ceniza de *Eucalyptus globulus*, agua, azúcar, plantas de papa.

5.2.3 Material químico

Insecticida organofosforado sintético (Malathion), Azadirachtina (Neem X).

5.3 Manejo del experimento

La investigación constó de varias etapas; la primera de ellas fue el establecimiento del pie de cría de los insectos en estudio, para lo cual se recurrió a emplear cámaras de crianza plásticas con una dimensión de 50x50x50 cm. Sobre estas se colocó un foco infrarrojo para regular y obtener la temperatura adecuada para el desarrollo de los insectos en estudio, además se utilizaron sensores de temperatura para mantener una temperatura constante de ± 19 °C.



Una vez que se identificó las polillas mediante características morfológicas de una cámara de cría común, se colectaron los individuos de *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias*, las mismas fueron colocadas por separado en las cámaras de crianza debidamente rotuladas e identificadas.

5.4 Alimentación

Para la alimentación de las polillas de *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias* se colocaron tubérculos y planta de papa, algodón con agua y agua azucarada.

Fase 2: Evaluar la eficacia de los diferentes productos alternativos

Para evaluar la eficiencia de los diferentes productos en estudio, primeramente, se procedió a seleccionar tubérculos totalmente sanos de 60g de peso de la variedad super chola, e inmediatamente se aplicaron los tratamientos en estudio, en las siguientes dosis:

Azadiractina (Neem X): 5 ml de producto en un (1) litro de agua, se sumergió en un tanque los tubérculos durante 5 minutos y luego se sacaron para que se oreen.

Ceniza de *Eucalyptus globulus*: 25g de ceniza por kg de semillas (1000 g de ceniza por saco de 40 kg). Esta mezcla se coloca en un saco y se lo homogenizó por aproximadamente cinco (5) minutos.

La ceniza se obtuvo mediante la quema de madera de *Eucalyptus globulus*.

Agua de cocción de chocho: Cocción de 50 libras de granos de chocho en 50 litros de agua durante 45 minutos, dando como resultado 30 litros de agua de cocción de chocho, en un tanque se sumergieron los tubérculos por 5 minutos y luego se sacaron para que se oreen.

Malathion 25% P.M y 75% inertes y aditivos: Se empleó 5g de Malathion 25% PM por cada kilogramo de semilla (200g de Malathion 25% por saco de 40kg); la mezcla se colocó en un saco y se homogenizó por cinco (5) minutos aproximadamente.



Control: Sin aplicación alguna.

Para la ejecución se utilizó 50 bandejas de plástico, a las cuales se les realizó pequeñas perforaciones en la tapa con el propósito de proporcionar ventilación al interior del envase. Seguidamente se colocó 10 tubérculos aplicados el tratamiento pertinente en las bandejas de plástico y sobre cada tubérculo se colocó una larva del primer estadio de *Tecia solanivora*. De la misma manera y por separado se procedió con las larvas de *Symmetrischema tangolias*.

5.5 Variables evaluadas

Variable 1. Número de tubérculos afectados

Se contó el número de tubérculos afectados mediante la observación del ingreso de la larva en los tubérculos cada dos (2) días después de la aplicación del tratamiento durante 60 días.

Variable 2. Número de larvas muertas

Se contaron las larvas muertas cada dos (2) días luego de la aplicación del tratamiento durante 60 días.

Variable 3. Grado de afección del tubérculo

A los 60 días de instalado el tratamiento se determinó el grado de afección de los tubérculos, para lo cual se partió la papa por la mitad y se estimó el grado de afección según la escala propuesta por Cuasapaz, (2017) descrita en la Tabla 6.1.

**Tabla 6.1.** Grado de afección de los tubérculos

ESCALA	AFECCION
1	25%
2	50%
3	75%
4	100%

Escala de nivel de daño de plagas, para medir del grado de afectación que provocan las polillas en los tubérculos.

Fuente: (Cuasapaz, 2017)

Fase 3: Determinar la susceptibilidad de los diferentes estadios larvarios a los productos evaluados

Se procedió a aplicar los diferentes tratamientos detallados en el objetivo anterior, seguidamente se colocaron los tubérculos en las bandejas y sobre cada tubérculo se procedió a colocar una larva de las plagas en estudio, pero en los diferentes estadios larvarios de las plagas en estudio: *Tecia solanivora* tiene 4 estadios larvarios y *Symmetrischema tangolias* cinco (5) estadios larvarios.

5.6 Toma de datos

Variable 1. Número de tubérculos afectados

Se contó el número de tubérculos afectados cada dos días después de la aplicación del tratamiento hasta que la larva pasó al siguiente estadio.

Variable 2. Número de larvas muertas

Se contaron las larvas muertas cada dos días luego de la aplicación del tratamiento hasta que la larva pasó al siguiente estadio larval.



Fase 4: Evaluar el tiempo de protección de los tubérculos por cada uno de los tratamientos evaluados

Se procedió a aplicar los diferentes tratamientos detallados en el objetivo anterior, seguidamente se colocaron los tubérculos en las bandejas y sobre cada tubérculo se procedió a colocar una larva del cuarto instar larval, en el caso de *Tecia solanivora* y del quinto instar larval en el caso de *Symmetrischema tangolias*.

Tiempo de efectividad

Después de la aplicación de los tratamientos y cada día, se contabilizó el número de larvas muertas y en cuyo caso se reemplazó por otra larva viva del mismo estadio; así hasta cuando se observó que la larva no murió y pudo existir alguna.

Fase 5: Análisis de costos variables

Para el análisis de variabilidad de costos se consideró el costo de cada producto alternativo relacionado a un saco de tubérculos (40 kg).

Diseño experimental

En el presente trabajo se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), constituido de cinco (5) tratamientos y cinco (5) repeticiones, con un total de 25 Unidades Experimentales (UE), cada una de las cuales estuvo constituida de 10 tubérculos de papa, diseño y arreglo que se empleó para cada una de las especies de las especies de polilla en estudio.

Los tratamientos empleados fueron:

T1= Azadiractina (Neem X)

T2= Agua de cocción de chocho

T3= Ceniza de eucalipto

T4= Malathion

T5= Control



Los datos que se obtuvieron fueron analizados con el software Infostat 2020e, aplicándose las pruebas respectivas para analizar normalidad como homogeneidad de variables, como son la prueba de Shapiro-Wilks y de Levene, respectivamente. En aquellos datos que no mostraron normalidad se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Con los datos de los costos variables se realizó un gráfico de comparación en Excel.



6. RESULTADOS

Efectuados los análisis estadísticos en el programa INFOSTAT 2020E y luego de aplicar la prueba de Shapiro-Wilks y la de Levene, se determinó que los datos de la mayoría de las variables en estudio tuvieron distribución normal, por lo tanto, se aplicó el ANOVA para determinar el nivel de significancia y posteriormente se aplicó la prueba de significancia de Tukey al 5% con la finalidad de encontrar las medias diferentes. En tanto que en aquellas variables que no existió normalidad en los datos, se aplicó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis.

6.1 Numero de larvas muertas

6.1.1 *Tecia solanivora*

Estadio 1

Para la variable número de larvas muertas 1er estadio (Tabla 7.1), el tratamiento con Malathion es el que presenta una mayor eficiencia en el número de larvas muertas, mientras que, en esta ocasión, los tratamientos con agua de cocción de chocho, azadiractina, control y ceniza, nos son estadísticamente diferentes ya que ocupan el mismo rango, numéricamente, no obstante, el tratamiento de ceniza obtuvo un 60 % de mortandad, el tratamiento de agua de cocción de chocho fue el menos eficiente.



Tabla 7.1. *Influencia de los tratamientos en el número de larvas muertas del primer estadio de la especie Tecia Solanivora*

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Chocho	3.80	5	0.74 A
Azadiractina	4.80	5	0.74 A
Control	4.80	5	0.74 A
Ceniza	6.00	5	0.74 A
Malathion	10.00	5	0.74 B

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.18975

Error: 2.7100 gl: 16

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras y E.E es el error estándar

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

Estadio 2

Para la variable número de larvas muertas 2do estadio (Tabla 7.2), a pesar de que se puede observar algunos rangos, igualmente el tratamiento con malathion es el que presenta una mayor eficiencia en el número de larvas muertas frente al testigo que fue el menos eficiente. Si bien es cierto que el agua de cocción de chocho, la ceniza el azadiractina ocupa un mismo rango, en este estadio el agua de chocho causó la muerte del 50% de las larvas.



Tabla 7.2. Influencia de los tratamientos en cuanto al número de larvas muertas del segundo estadio de la especie *Tecia solanivora*

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
Control	1,60	5	0,63	A	
Azadiractina	3,60	5	0,63	A	B
Ceniza	4,60	5	0,63		B
Chocho	5,20	5	0,63		B
Malathion	10,00	5	0,63		C

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,72305

Error: 1,9750 gl: 16

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras y E.E es el error estándar

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

Estadio 3

Al igual que los dos estadios anteriores, en la variable número de larvas muertas en el 3er estadio, (Tabla 7.3), el malathion continuó siendo el tratamiento que causó mayor número de larvas muertas, mientras que, en esta ocasión, los tratamientos con agua de cocción de chocho, azadiractina, control y ceniza, nos son estadísticamente diferentes ya que ocupan el mismo rango, numéricamente, sin embargo el tratamiento de agua de cocción de chocho obtuvo en 40 % de mortandad, el tratamiento de ceniza fue el menos eficiente.



Tabla 7.3. *Influencia de los tratamientos en cuanto al número de larvas muertas del tercer estadio de la especie *Tecia solanivora*.*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
ceniza	1,80	5	0,58	A
control	3,00	5	0,58	A
Azadiractina	3,00	5	0,58	A
chocho	4,00	5	0,58	A
malathion	10,00	5	0,58	B

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,50023

Error: 1,6650 gl: 16

**Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)*

**Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras y E.E es el error estándar*

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

Estadio 4

En la variable número de larvas muertas del 4to estadio, la prueba de homogeneidad de varianzas y de Levene demostraron que no existe una distribución normal de los datos, por lo que se procedió a realizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Según la prueba de comparación de medias de Kruskal Wallis (Tabla 7.4), el tratamiento químico por malathion presenta mayor efectividad de control, mientras que el tratamiento con ceniza resulto menos efectivo.



Tabla 7.4. Influencia de los tratamientos en cuanto al número de larvas muertas del cuarto estadio de la especie *Tecia solanivora*

Variable	tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Larvas muertas	ceniza	5	1.40	0.89	2.00	17.09	0.0015
Larvas muertas	chocho	5	3.60	2.07	4.00		
Larvas muertas	control	5	5.00	1.73	6.00		
Larvas muertas	malathion	5	10.00	0.00	10.00		
Larvas muertas	azadiractina	5	1.60	1.82	1.00		
Trat.		Ranks					
Ceniza		6.80	A				
Azadiractina		6.90	A B				
Chocho		12.30	A B				
control		16.00	B C				
Malathion		23.00	C				

Prueba de Kruskal Wallis

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras, H es el estadístico de prueba, D.E

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

6.1.2 *Symmetrischema tangolias*

Estadio 1

En la variable número de larvas muertas del 1er estadio, (Tabla 7.5), el tratamiento químico mediante malathion presentó la mayor efectividad de control, mientras que, en esta ocasión, los tratamientos con agua de cocción de chocho, azadiractina, control y ceniza, nos son estadísticamente diferentes ya que ocupan el mismo rango, sin embargo, el tratamiento agua de cocción de chocho presento un 30 % de mortalidad, numéricamente el tratamiento control fue el menos eficiente.



Tabla 7.5. Influencia de los tratamientos en el número de larvas muertas del primer estadio de la especie *Symmetrischema tangolias*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Control	1,20	5	0,63	A
Azadiractina	2,20	5	0,63	A
Ceniza	2,20	5	0,63	A
Chocho	3,00	5	0,63	A
Malathion	10,00	5	0,63	B

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,71269

Error: 1,9600 gl: 16

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras y E.E es el error estándar

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

Estadio 2

Para la variable número de larvas muertas 2do estadio (Tabla 7.6), a pesar de que se puede observar algunos rangos, igualmente el tratamiento malathion, es el que presenta una mayor eficiencia en el número de larvas muertas frente al tratamiento con azadiractina que fue el menos eficiente.

Tabla 7.6. Influencia de los tratamientos en cuanto al número de larvas muertas del segundo estadio de la especie *Symmetrischema tangolias*

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
Azadiractina	0,80	5	0,38	A	
Ceniza	2,00	5	0,38	A	B
Chocho	2,40	5	0,38	A	B
Control	3,00	5	0,38		B
Malathion	10,00	5	0,38		C

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,66682

Error: 0,7400 gl: 16

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras y E.E es el error estándar

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021



Estadio 3

En la variable número de larvas muertas del 3er estadio, la prueba de homogeneidad de varianzas y de Levene demostraron que no existe una distribución normal de los datos, por lo que se procedió a realizar la prueba no paramétrica.

Según la prueba de comparación de medias de Kruskal-Wallis (Tabla 7.7), el tratamiento químico con malathion presenta la mayor efectividad de control, mientras que, los tratamientos con agua de cocción de chocho, azadiractina, control y ceniza, no son estadísticamente diferentes ya que ocupan el mismo rango, numéricamente, el tratamiento de agua de cocción de chocho fue el menos eficiente.

Tabla 7.7. Influencia de los tratamientos en cuanto al número de larvas muertas del tercer estadio de la especie *Symmetrischema tangolias*

Variable	tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Larvas muertas	ceniza	5	4.20	0.84	4.00	12.44	0.0125
Larvas muertas	chocho	5	3.20	2.49	3.00		
Larvas muertas	control	5	3.40	2.30	3.00		
Larvas muertas	malathion	5	10.00	0.00	10.00		
Larvas muertas	azadiractina	5	3.40	1.82	4.00		
Trat. Ranks							
Chocho	8.90	A					
Control	9.50	A					
Azadiractina	10.60	A					
Ceniza	13.00	A					
Malathion	23.00	B					

Prueba de Kruskal Wallis

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras, H es el estadístico de prueba, D.E

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021



Estadio 4

En la variable número de larvas muertas del 4to estadio, la prueba de homogeneidad de varianzas y de Levene demostraron que no existe una distribución normal de los datos, por lo que se procedió a realizar la prueba no paramétrica.

Según la prueba de comparación de medias de Kruskal-Wallis (Tabla 7.8), de igual forma el malathion continuó siendo el tratamiento que causó mayor número de larvas muertas, mientras que los tratamientos mediante agua de cocción de chocho, azadiractina, control y ceniza, nos son estadísticamente diferentes ya que ocupan el mismo rango, numéricamente, el tratamiento de agua de cocción de chocho fue el menos eficiente.

Tabla 7.8. *Influencia de los tratamientos en cuanto al número de larvas muertas del cuarto estadio de la especie *Symmetrischema tangolias**

Variable	tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Larvas muertas	ceniza	5	2.20	2.39	1.00	12.27	0.0098
Larvas muertas	chocho	5	0.80	0.45	1.00		
Larvas muertas	control	5	1.80	1.64	1.00		
Larvas muertas	malathion	5	10.00	0.00	10.00		
Larvas muertas	azadiractina	5	1.60	1.34	1.00		
Trat.	Ranks						
Chocho	8.10	A					
Azadiractina	10.90	A					
control	11.40	A					
Ceniza	11.60	A					
Malathion	23.00	B					

Prueba de Kruskal Wallis

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras, H es el estadístico de prueba, D.E

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021



Estadio 5

Al igual que los estadios anteriores, en la variable número de larvas muertas en el 5to estadio, (Tabla 7.9) Malathion se mantuvo como el tratamiento que causó mayor número de larvas muertas, en tanto que el resto de los tratamientos, nos son estadísticamente diferentes ya que ocupan el mismo rango; numéricamente, el tratamiento de agua de cocción de chocho fue el menos eficiente.

Tabla 7.9. Influencia de los tratamientos en cuanto al número de larvas muertas del quinto estadio de la especie *Symmetrischema tangolias*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
chocho	0,60	5	0,50	A
ceniza	1,00	5	0,50	A
control	1,40	5	0,50	A
azadiractina	2,20	5	0,50	A
malathion	10,00	5	0,50	B

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,15766

Error: 1,2400 gl: 16

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras y E.E es el error estándar

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

6.2 Tubérculos afectados

6.2.1 *Tecia Solanivora*

Estadio 1

Para la variable número de tubérculos afectados el 1er estadio (Tabla 7.10), a pesar de que se puede observar algunos rangos, el tratamiento con malathion es el que presenta una mayor eficiencia debido a que presenta una menor cantidad de tubérculos afectados, frente al tratamiento por control que fue el menos eficiente ya que presento mayor cantidad de tubérculos afectados.



Tabla 7.10. Influencia de los tratamientos en la variable número de tubérculos afectados en el primer estadio de la especie *Tecia solanivora*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Malathion	0.00	5	0.51	A
Azadiractina	2.20	5	0.51	B
ceniza	2.60	5	0.51	B C
chocho	3.00	5	0.51	B C
control	4.60	5	0.51	C

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.19646

Error: 1.2850 gl: 16

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras y E.E es el error estándar

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

Estadio 2

En la variable número de tubérculos afectados estadio 2, la prueba de homogeneidad de varianzas y de Levene demostraron que no existe una distribución normal de los datos, por lo que se procedió a realizar la prueba no paramétrica.

Según la prueba de comparación de medias de Kruskal-Wallis (Tabla 7.11), el tratamiento químico por malathion presenta mayor efectividad de control, mientras que el tratamiento control resultó menos efectivo.



Tabla 7.11. Influencia de los tratamientos en la variable número de tubérculos afectados en el segundo estadio de la especie *Tecia solanivora*

Variable	tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
tubérculos afectados	ceniza	5	4.20	1.64	5.00		
tubérculos afectados	chocho	5	3.60	0.55	4.00		
tubérculos afectados	control	5	6.40	0.55	6.00		
tubérculos afectados	malathion	5	0.00	0.00	0.00		
tubérculos afectados	azadiractina	5	5.20	0.84	5.00		
	18.92	0.0006					

Trat.	Ranks		
malathion	3.00	A	
chocho	10.10	A	B
ceniza	13.10	B	C
azadiractina	16.70	B	C
control	22.10		C

Prueba de Kruskal Wallis

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras, H es el estadístico de prueba, D.E

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

Estadio 3

En la variable número de tubérculos afectados estadio 3, la prueba de homogeneidad de varianzas y de Levene demostraron, que no existe una distribución normal de los datos, por lo que se procedió a realizar la prueba no paramétrica.

Según la prueba de comparación de medias de Kruskal-Wallis (Tabla 7.12) el malathion continuó siendo el tratamiento que presenta mayor eficiencia debido a que presenta una menor cantidad de tubérculos afectados; el tratamiento con azadiractina fue el menos eficiente con mayor número de tubérculos afectados.



Tabla 7.12. Influencia de los tratamientos en la variable número de tubérculos afectados en el tercer estadio de la especie *Tecia solanivora*

Variable	tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
tubérculos afectados	ceniza	5	6.20	1.48	6.00	13.19	0.0088
tubérculos afectados	chocho	5	4.80	2.05	5.00		
tubérculos afectados	control	5	5.40	1.95	6.00		
tubérculos afectados	malathion	5	0.00	0.00	0.00		
tubérculos afectados	azadiractina	5	6.20	0.84	6.00		
Trat.	Ranks						
malathion	3.00	A					
chocho	12.40	B					
control	14.70	B					
neem	17.40	B					
ceniza	17.50	B					

Prueba de Kruskal Wallis

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras, H es el estadístico de prueba, D.E

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

Estadio 4

En la variable número de tubérculos afectados del 4to estadio, la prueba de homogeneidad de varianzas y de Levene demostraron que no existe una distribución normal de los datos, por lo que se procedió a realizar la prueba no paramétrica.

Según la prueba de Kruskal-Wallis (Tabla 7.13), el tratamiento químico con malathion, presenta la mayor efectividad de control para las polillas de la papa; numéricamente, el tratamiento de agua de cocción de chocho fue el menos eficiente con mayor número de tubérculos afectados.



Tabla 7.13. *Influencia de los tratamientos en la variable número de tubérculos afectados en el cuarto estadio de la especie Tecia solanivora*

Variable	tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
tubérculos afectados	ceniza	5	4.20	0.45	4.00	12.61	0.0085
tubérculos afectados	chocho	5	5.00	1.58	5.00		
tubérculos afectados	control	5	4.20	1.64	4.00		
tubérculos afectados	malathion	5	0.00	0.00	0.00		
tubérculos afectados	neem	5	4.40	0.55	4.00		
Trat. Ranks							
malathion	3.00	A					
control	13.10	B					
ceniza	14.90	B					
azadiractina	16.30	B					
chocho	17.70	B					

Prueba de Kruskal Wallis

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras, H es el estadístico de prueba, D.E

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

6.2.2 *Symmetrischema tangolias*

Estadio 1

En la variable número de tubérculos afectados estadio 1, (Tabla 7.14) el tratamiento químico del malathion presenta mayor efectividad de control, debido a que presento menor cantidad de tubérculos afectados.



Tabla 7.14. Influencia de los tratamientos en la variable número de tubérculos afectados en el primer estadio de la especie *Symmetrischema tangolias*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
malathion	10,00	5	0,54	A
ceniza	4,40	5	0,54	B
chocho	4,60	5	0,54	B
azadiractina	5,00	5	0,54	B
control	5,00	5	0,54	B

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,33322

Error: 1,4500 gl: 16

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras y E.E es el error estándar

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

Estadio 2

En la variable número de tubérculos afectados estadio 2, (Tabla 7.15), igualmente el tratamiento mediante malathion presenta mayor efectividad de control, debido a que presento menor cantidad de tubérculos afectados, mientras los tratamientos por agua de cocción de chocho, azadiractina, control y ceniza, nos son estadísticamente diferentes ya que ocupan un mismo rango.

Tabla 7.15. Influencia de los tratamientos en la variable número de tubérculos afectados en el segundo estadio de la especie *Symmetrischema tangolias*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
malathion	0,00	5	0,36	A
azadiractina	3,20	5	0,36	B
chocho	3,40	5	0,36	B
ceniza	4,00	5	0,36	B
control	4,60	5	0,36	B

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,58010

Error: 0,6650 gl: 16

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras y E.E es el error estándar

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021



Estadio 3

Al igual que los estadios anteriores, en la variable número de tubérculos afectados en el estadio 3, (Tabla 7.16) el malathion continuó siendo el tratamiento más eficiente frente al resto de los tratamientos en estudio.

Tabla 7.16. Influencia de los tratamientos en la variable número de tubérculos afectados en el tercer estadio de la especie *Symmetrischema tangolias*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
malathion	0,00	5	0,43	A
ceniza	2,40	5	0,43	B
azadiractina	2,60	5	0,43	B
control	3,20	5	0,43	B
chocho	3,60	5	0,43	B

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,85346

Error: 0,9150 gl: 16

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras y E.E es el error estándar

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

Estadio 4

De igual manera en el estadio larvario 4, el número de tubérculos afectados (Tabla 7.17) el tratamiento químico del malathion se mostró como el más eficiente de los tratamientos en estudio.



Tabla 7.17. Influencia de los tratamientos en la variable número de tubérculos afectados en el cuarto estadio de la especie *Symmetrischema tangolias*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
malathion	0,00	5	0,51	A
control	3,20	5	0,51	B
ceniza	3,40	5	0,51	B
chocho	4,40	5	0,51	B
azadiractina	4,60	5	0,51	B

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,19646

Error: 1,2850 gl: 16

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras y E.E es el error estándar

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

Estadio 5

En la variable número de tubérculos afectados estadio 5, la prueba de homogeneidad de varianzas y de Levene, demostraron que no existe una distribución normal de los datos, por lo que se procedió a realizar la prueba no paramétrica.

Según la prueba de comparación de medias de Kruskal-Wallis (Tabla 7.18), el tratamiento químico con malathion presentó mayor efectividad de control debido a tuvo menor número de tubérculos afectados, mientras que el tratamiento de control resulto menos efectivo con mayor cantidad de tubérculos afectados.



Tabla 7.18. Influencia de los tratamientos en la variable número de tubérculos afectados en el tercer estadio de la especie *Symmetrischema tangolias*

Variable	tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
tubérculos afectados	ceniza	5	4.00	1.00	4.00	4.00	4.00
tubérculos afectados	16.88	0.0011					
tubérculos afectados	chocho	5	4.40	1.14	4.00		
tubérculos afectados	control	5	2.60	0.55	3.00		
tubérculos afectados	malathion	5	0.00	0.00	0.00		
tubérculos afectados	azadiractina	5	3.20	0.45	3.00		
Trat. Ranks							
malathion	3.00	A					
control	10.10	A B					
azadiractina	13.90	B C					
ceniza	18.10	B C					
chocho	19.90	C					

Prueba de Kruskal Wallis

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras, H es el estadístico de prueba, $D.E$

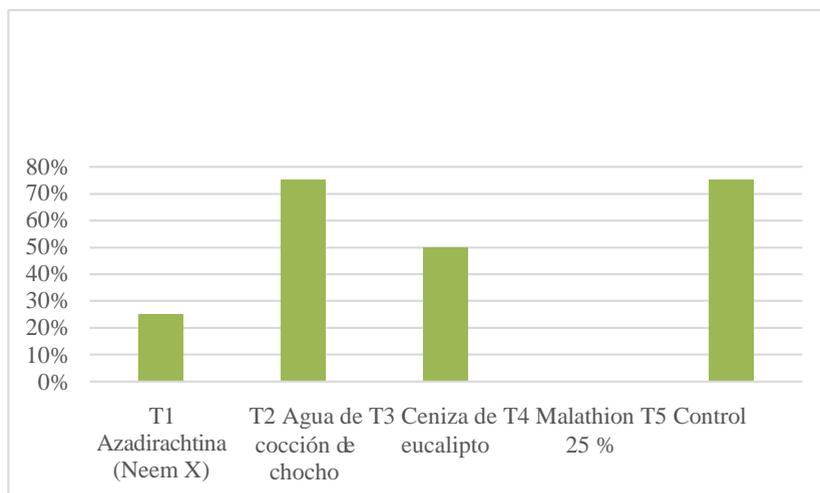
Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

6.3 Grado de afección a los tubérculos

6.3.1 *Tecia Solanivora*

En la figura 7.1 se puede observar que el tratamiento químico con malathion presenta mayor efectividad de control, ya que el porcentaje de tubérculos afectados fue menor (0 %) que el resto de los tratamientos en estudio.

Figura 7.1. Porcentaje de afección de los tubérculos para *Tecia solanivora*



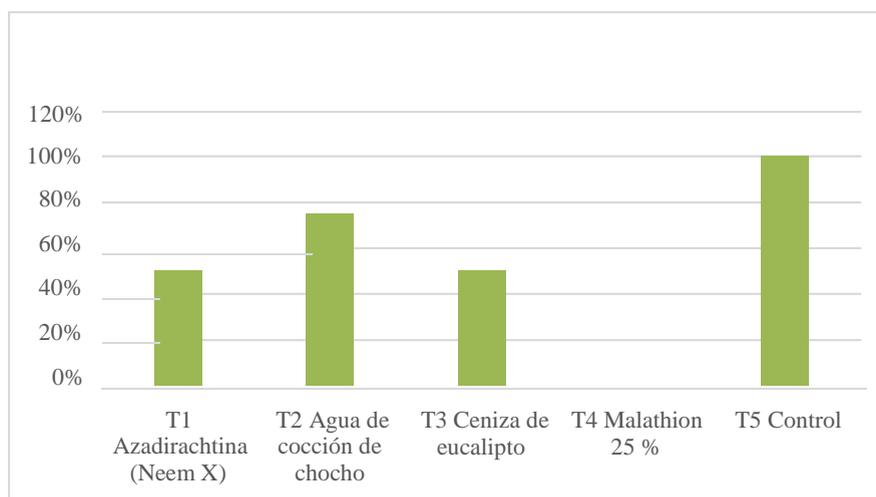
Se presenta los datos estadísticos de los daños causados a los tubérculos por polillas *Tecia*, evaluados con diferentes productos de control de plagas

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

6.3.2 *Symmetrischema tangolias*

En el gráfico (Figura 7.2) nos presenta que el tratamiento químico a través de malathion presenta mayor efectividad de control, debido a que presenta menor porcentaje de tubérculos afectados, por el contrario, el tratamiento por control fue el menos eficiente, ya que presentaron mayor porcentaje de tubérculos afectados.

Figura 7.2. Porcentaje de afección de los tubérculos para *Symmetrischema tangolias*



Se muestra los porcentajes de daño a los tubérculos de las polillas *Symmetrischema*, para diferentes alternativas de control, midiendo la eficacia de cada control

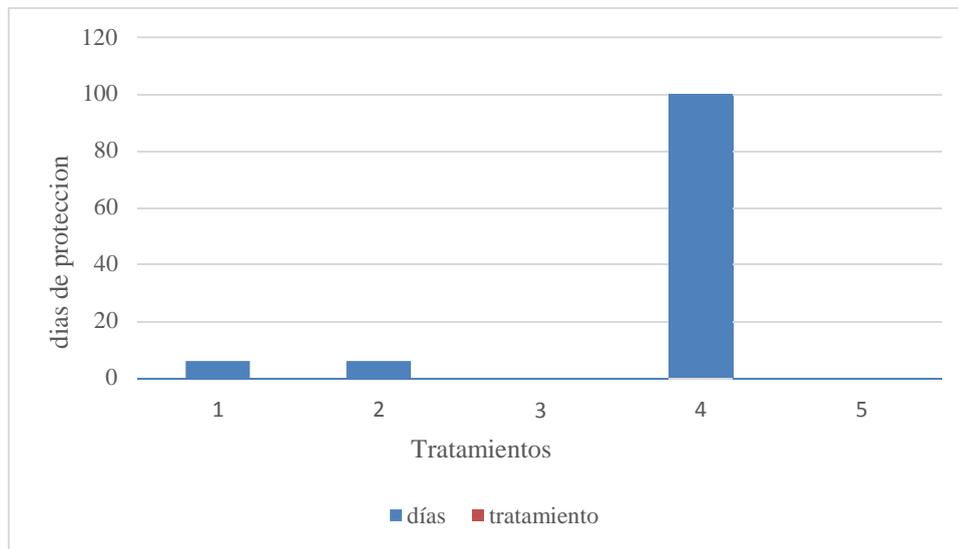
Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

6.4 Tiempo de protección de los tubérculos

6.4.1 *Tecia Solanivora*

En Figura 7.3 podemos observar que el tratamiento con malathion, tuvo el período de protección más alto en postcosecha contra *T. solanivora*, superando inclusive los 100 días; en tanto que el resto de los tratamientos en estudio no llegaron a los 10 días de protección.

Figura 7.3. Tiempo de protección de los tubérculos en días para *Tecia solanivora*



Se presenta el tiempo de protección que pueden durar los diferentes tipos de tratamientos, durante se acción funguicida en el control de la polilla *Tecia Solanivora*.

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

Se realizó de igual manera una prueba de comparación de medias de Duncan al 5%, con relación al número de larvas muertas durante el período de protección de los tubérculos. Con la finalidad de conocer el comportamiento de los tratamientos alternativos frente al control, se realizó una prueba de comparación de medias, para lo cual se empleó Duncan al 5%, pero no se consideró el tratamiento malathion (tabla 7.19).



Tabla 7.19. Influencia de los tratamientos en la variable tiempo de protección de los tubérculos en días para la especie *Tecia solanivora*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
control	0.60	5	0.74	A
ceniza	2.20	5	0.74	A B
chocho	3.40	5	0.74	B
Azadiractina	3.60	5	0.74	B

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 2.7667 gl: 12

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras y E.E es el error estándar

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

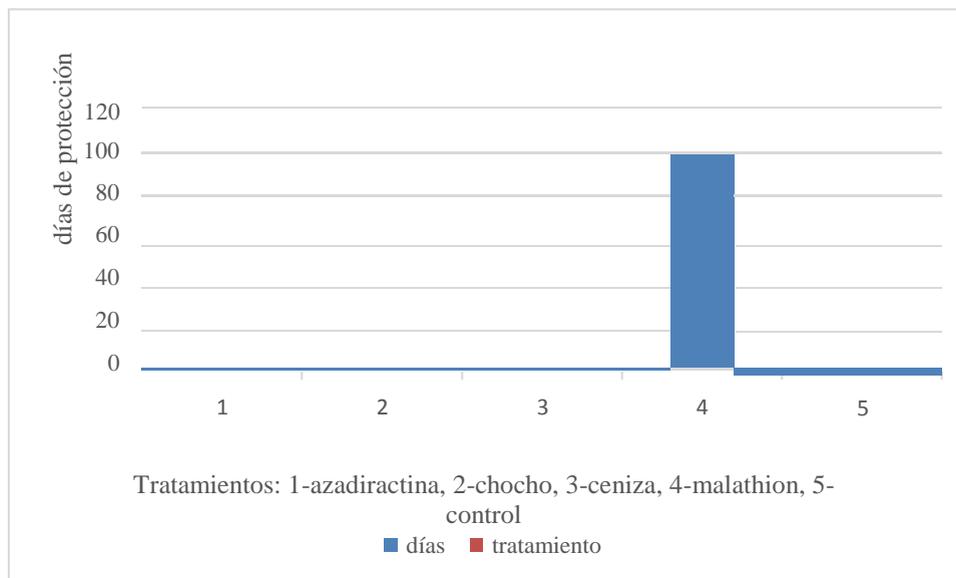
La prueba de comparación de medias nos muestra que tanto el tratamiento con agua de cocción de chocho, como el tratamiento con azadiractina presentan una eficacia similar en cuanto a protección de los tubérculos, frente al testigo que es el que presenta el menor número de larvas muertas de *Tecia solanivora*.

6.4.2 *Symmetrischema tangolias*

Igualmente, observando la Figura 7.4, se puede apreciar que el tratamiento malathion es el que presenta un período de protección más prolongado de los tubérculos, lo cual está relacionado directamente con la mortalidad de las larvas al inicio de la postcosecha.

Figura 7.4.

Gráfico de tiempo de protección de los tubérculos en días para *Symmetrischema tangolias*



Se establece el tiempo de protección que pueden durar los diferentes tipos de tratamientos, durante se acción de control insecticida para la polilla *Symmetrischema tangolias*.

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

De igual manera para el caso de esta polilla se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan al 5%, empleando para ello únicamente los tratamientos alternativos versus el control y exceptuando el malathion, cuyos resultados se pueden apreciar en la tabla 7.20, y al igual que *T. solanivora*, los tratamientos a base de azadiractina y chocho mostraron ser mejores que la ceniza y el control.



Tabla 7.20. Influencia de los tratamientos en la variable tiempo de protección de los tubérculos en días para la especie *Symmetrischema tangolias*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
control	0.40	5	0.34 A
ceniza	1.40	5	0.34 A
Azadiractina	3.00	5	0.34 B
chocho	3.40	5	0.34 B

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.5750 gl: 12

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras y E.E es el error estándar

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

6.5 Estadio más susceptible

6.5.1 *Tecia solanivora*

La prueba de comparación de medias de Duncan al 5% (Tabla 7.21) en relación con el estadio más susceptible de todos los tratamientos, nos presenta que el estadio 1 de *Tecia solanivora* resultó el más susceptible frente a los tratamientos aplicados, por otro lado, el estadio 4 presentó menos susceptibilidad.



Tabla 7.21. Pruebas de Duncan para la determinación del estadio más susceptible de la especie *Tecia solanivora*

Estadios	Medias	n	E.E.
4	4.32	25	0.30 A
3	4.36	25	0.30 A
2	5.00	25	0.30 A
1	5.88	25	0.30 B

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 2.2508 gl: 76

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras y E.E es el error estándar

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

En la siguiente tabla de prueba de comparación de medias de Duncan al 5% (Tabla 7.22), nos presenta que el tratamiento con malathion fue el más efectivo en todos los estadios en cuanto a control de *Tecia solanivora*, además se aprecia que el estadio 1 en el tratamiento mediante cenizas resulto ser el más susceptible.



Tabla 7.22. *Influencia de los tratamientos en cuanto a la variable estadio más susceptible de la especie Tecia solanivora*

Tratamientos estadios	Medias	n	E.E.	
ceniza 4	1.40	5	0.67	A
Azadiractina 4	1.60	5	0.67	A B
control 2	1.60	5	0.67	A B
ceniza 3	1.80	5	0.67	A B C
Azadiractina 3	3.00	5	0.67	A B C D
control 3	3.00	5	0.67	A B C D
Azadiractina 2	3.60	5	0.67	B C D
chocho 4	3.60	5	0.67	B C D
chocho 1	3.80	5	0.67	C D
chocho 3	4.00	5	0.67	D E
ceniza 2	4.60	5	0.67	D E
Azadiractina 1	4.80	5	0.67	D E
control 1	4.80	5	0.67	D E
control 4	5.00	5	0.67	D E
chocho 2	5.20	5	0.67	D E
ceniza 1	6.00	5	0.67	E
Malathion 1	10.00	5	0.67	F
Malathion 2	10.00	5	0.67	F
Malathion 3	10.00	5	0.67	F
Malathion 4	10.00	5	0.67	F

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 2.2508 gl: 76

**Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)*

**Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras y E.E es el error estándar*

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021



6.5.2 *Symmetrischema tangolias*

La prueba de comparación de medias de Tukey al 5% (Tabla 7.23) en relación con el estadio más susceptible de todos los tratamientos, nos presenta que el estadio 3 de *Symmetrischema tangolias* resultó el más susceptible frente a los tratamientos aplicados, por otro lado, el estadio 5 presentó menos susceptibilidad.

Tabla 7.23. Pruebas de Duncan para la determinación del estadio más susceptible de la especie *Symmetrischema tangolias*

Estadios	Medias	n	E.E.
5	3.04	25	0.28 A
4	3.28	25	0.28 A
2	3.64	25	0.28 A
1	3.72	25	0.28 A
3	4.84	25	0.28 B

Test: Tukey Alfa=0.05

DMS=1.08334. Error: 1.8978 gl: 96

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras y E.E es el error estándar

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

En la siguiente tabla de prueba de comparación de medias de Tukey al 5% (Tabla 7.24), nos presenta que el tratamiento con malathion fue el más efectivo en todos los estadios en cuanto a control de *Symmetrischema tangolias*, además se aprecia que el estadio 3 en el tratamiento con ceniza resulto ser el más susceptible.



Tabla 7.24.

Influencia de los tratamientos en cuanto a la variable estadio más susceptible de la especie *Symmetrischema tangolias*

Tratamientos	estadios	Medias	n	E.E.
chocho	5	0.60	5	0.62 A
Azadiractina	2	0.80	5	0.62 A
chocho	4	0.80	5	0.62 A
ceniza	5	1.00	5	0.62 A B
control	1	1.20	5	0.62 A B
control	5	1.40	5	0.62 A B
Azadiractina	4	1.60	5	0.62 A B
control	4	1.80	5	0.62 A B
ceniza	2	2.00	5	0.62 A B
ceniza	1	2.20	5	0.62 A B
Azadiractina	5	2.20	5	0.62 A B
ceniza	4	2.20	5	0.62 A B
Azadiractina	1	2.20	5	0.62 A B
chocho	2	2.40	5	0.62 A B
control	2	3.00	5	0.62 A B
chocho	1	3.00	5	0.62 A B
chocho	3	3.20	5	0.62 A B
Azadiractina	3	3.40	5	0.62 A B
control	3	3.40	5	0.62 A B
ceniza	3	4.20	5	0.62 B
Malathion	3	10.00	5	0.62 C
Malathion	1	10.00	5	0.62 C
Malathion	4	10.00	5	0.62 C
Malathion	5	10.00	5	0.62 C
Malathion	2	10.00	5	0.62 C

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.28266

Error: 1.8978 gl: 96

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

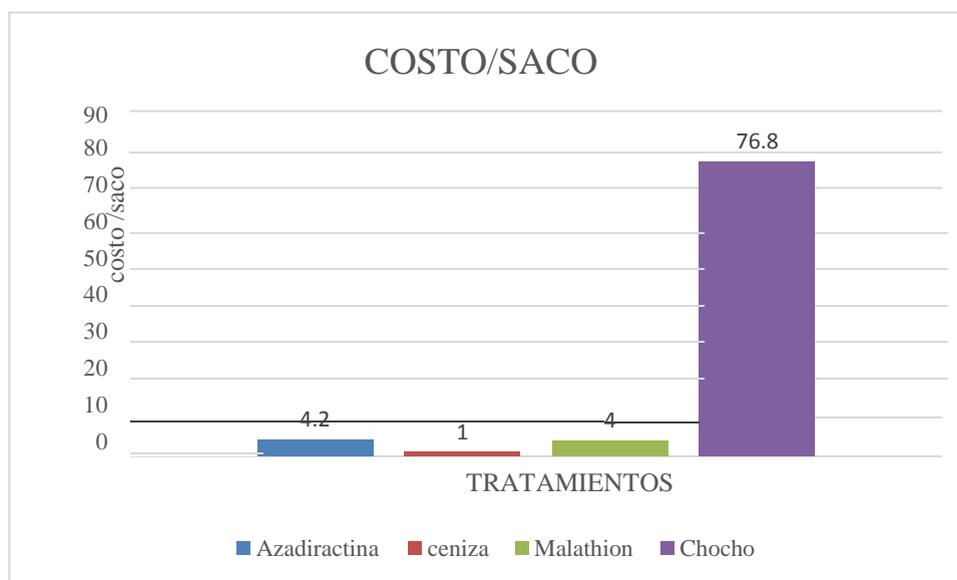
*Análisis de prueba comparativa de medias de los tratamientos, donde n es el número de muestras y E.E es el error estándar

Fuente: Herrera y Rodríguez, 2021

6.6 Análisis de costos variables

Para el análisis de costos variables (Véase la Figura 7.5), realizamos un gráfico con el precio de los tratamientos relacionados a un saco de 40 kg de semillas de tubérculos.

Figura 7.5. Costos de los tratamientos por saco de 40 Kg



Se muestra el costo, que han tenido los distintos tratamientos para el control de polillas de la papa por cada 40Kg

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021

El gráfico nos muestra que el tratamiento utilizando el agua de cocción de chocho es el más costoso con un precio de \$ 76.80, en tanto que el tratamiento con ceniza es el menos costoso con un valor de \$ 1.



7. DISCUSIÓN

En esta investigación, los resultados obtenidos de acuerdo con el control del complejo de polillas, en las especies *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias* en el cultivo de papas, se centró en el análisis pertinente a la mortalidad larval, la cantidad de tubérculos afectados y el tiempo de protección, de los diversos y respectivos tratamientos botánicos, empleados como medios de control para las plagas, cuyos hallazgos tuvieron como propósito buscar alternativas que sean confiables, viables y eficientes, que sirvan de sustituto a los pesticidas altamente peligrosos para los agricultores que se dedican a la actividad papera.

De hecho, de acuerdo con el número de larvas muertas o variable de mortalidad larval, se demostró que se presenta un manejo mucho más eficiente 100%, con tratamientos basados en insecticidas químicos (malathion), cuyo resultado es indiferente a cualquier estadio larvario, en relación con las alternativas botánicas (agua de cocción de chocho, ceniza de eucalipto, azadiractina) que mostraron un margen inferior de eficacia 60,12% cuya tendencia es variable dependiendo del ciclo de vida de las plagas. Estudios similares realizados por Iannacone y Lamas, (2002), manifiestan que los pesticidas son mucho más eficaces que los extractos botánicos, por lo cual sus efectos no son estadísticamente significativos entre ellos, conforme a la mortalidad de las polillas para controlarlas, tanto en estadio larval como adulto; sin embargo, no dejan de ser los pesticidas de origen botánico posibles soluciones de utilización en el manejo integrado de plagas.

En este aspecto se evidenció, que los diferentes tratamientos botánicos, tienen una eficacia significativa (entre 0,8 a 6 %), según el estadio larvario de la polilla en el que se aplique, dado que su acción varía en mayor o menor medida, es decir, estos tratamientos pueden ser más eficientes en unos estadios larvarios que en otros, sobre todo en los primeros ciclos de vida del insecto. Este criterio se contrasta con lo expuesto por Calderon et al., (2018) quien obtuvo como resultado que las alternativas botánicas (con cenizas de eucalipto y azadiractina) son métodos preventivos que son aplicables, tanto en el cultivo de campo como en tubérculos almacenados, esto dado a que son tratamientos repelentes que ayudan en las etapas prematuras de infestación larval, pudiendo



tener una acción de control eficiente de la plaga, en tanto que en infestaciones avanzadas, dicho tratamiento tiene menos eficacia, por lo que la oportuna aplicación de este tipo de alternativas podría mejorar el control de las poblaciones en las polillas, sobre todo si se realiza una des infestación previa de lugares de almacenaje, con lo cual se evita una alta población inicial de plagas al momento de la postcosecha del tubérculo.

Por otra parte, se determinó que las alternativas botánicas basadas en agua de cocción de chochos y cenizas de eucalipto, tuvieron un nivel de efectividad del 6% en la mortalidad larval, en los tubérculos que fueron infestados con la plaga *Tecia* y *Symmetrischema.*, en relación a azadiractina, que fue el menos efectivo entre los tratamientos con el 3,40%, siendo una opción poco apropiada de control para estas polillas; análisis que se complementa con lo que argumenta el estudio realizado por (Maldonado, 2017) quien manifiesta entre sus hallazgos que el agua de chocho junto con las cenizas de eucalipto, son buenas alternativas de tratamiento en el almacenamiento de tubérculos semilla infestados, porque consiguen reducir la incidencia y daños de las polillas como la *Tecia* y *Symmetrischema* manteniendo una severidad en el control del 0,68%.

Además, se observó que en las polillas de *T. solanivora*, los tratamientos con control botánico ocasionaron una mayor mortalidad que en las polillas de *S. tangolias*, por lo que se puede optar por este tratamiento para un tipo específico de plaga de la papa, especialmente los tratamientos con cenizas, que fueron los más eficientes para el estadio 1 de la *T. solanivora* y estadio 3 de la *S. tangolias*, siendo los ciclos de mayor susceptibilidad a los tratamientos, o en consecuencia también emplear la rotación de pesticidas, entre agroquímicos y alternativas amigables derivadas de plantas (o bioplaguicidas) que son buenas opciones complementarias para reducir la proliferación de la plaga y resistencia biológica (Granados y Giraldo, 2020). Sin embargo, en las pruebas con los tubérculos afectados, las larvas de *S. tangolias* tuvieron la mayor incidencia de daño frente a la *T. Solanivora*, lo cual concuerda con lo descrito por Cajamarca, (2014) citado por Cañar (2017) quien coincide en que la especie *S. tangolias* es sumamente agresiva exclusivamente en los sistemas de almacenamiento.

Es pertinente mencionar que las polillas de la papa constituyen un grave problema fitosanitario para los papicultores, principalmente de las especies



Tecia solanivora y *Symmetrischema tangolias*, que son plagas que se han adaptado a todas las zonas paperas de la serranía ecuatoriana, además de ser las responsables de haber cambiado los métodos de control de polillas (Villanueva y Saldamando, 2017). Siendo *S. tangolias*, una plaga que se ha aclimatado y es predominante en las regiones frías y cálidas, por lo que es tolerante a cualquier clima. Al decir de Cañar (2017), ambas especies de polillas presentan una alta incidencia de su ataque en tubérculos en almacenamiento, más que a nivel de campo.

Conforme con el porcentaje de daño a los tubérculos, los tratamientos de control y agua de cocción de chochos, son los que mostraron la mayor cantidad de papas afectadas en un 75% (de una proporción de 40kg de semilla) para el caso de la *T. Solanivora*; en tanto que el tratamiento de control fue el que presentó mayor daño de los tubérculos afectados 100% con la plaga *Symmetrischema*; sin embargo, los resultados de Maldonado (2017), difieren de los resultados alcanzados en la presente investigación, quien manifiesta que los tratamientos con agua de cocción de chocos y Neem son buenos controladores botánicos, al inhibir el normal desarrollo de la plaga interrumpiendo su ciclo larval principalmente en su alimentación, que a diferencia de otros productos de carácter biológico o químico, tienen una mayor estabilidad en el tiempo con este tipo de control, disminuyendo así el daño de la plaga y evitando que adquiera resistencia, sin que esto atente contra la salud del agricultor o la del medioambiente.

Por su parte INIAP (2017), en su estudio señala que los productos químicos, como el malathion el porcentaje de tubérculos afectados es extremadamente bajo (0%) en ambos tipos de plagas; *Tecia* y *Symmetrischema*, lo cual coincide con los resultados registrados en nuestro estudio con el malathion 25% que mostro una efectividad del 100%, no obstante menciona que los plaguicidas derivados de extractos botánicos como el agua de chochos, azadiractina y cenizas, son tratamientos que en concentraciones razonables permiten un control apropiado (7 u 8 %), y menor daño en los tubérculos (1,7 y 3,4%), a tal punto de ser comparables con la efectividad de los agroquímicos (malathion), reporte que no corresponde con nuestra apreciación en este estudio, pues se demostró que el agua de chocho y el control, fueron las alternativas que mayor deficiencia presentaron en el control de las polillas respecto al resto de



tratamientos.

En cuanto al tiempo de protección de los tubérculos, el malathion al 25% fue el que presentó 0% de daño, alcanzando aproximadamente 100 días según la presente investigación, esto se debe a la alta mortalidad que ocasiona el producto a las larvas en sus primeros estadios de desarrollo. Lo comentado se pudo comprobar su similitud con lo expuesto por Chirinos et al., (2019), quien obtuvo como resultado que la protección de pesticidas es alrededor de 3 meses, razón por la cual su efectividad es relativamente alta, lo que no sucede con los productos ecológicos, que tienen una acción mucho más lenta, teniendo bajos niveles de mortalidad y altos porcentajes de daños al principio de su aplicación principalmente en estadios maduros de la larva.

Respecto con el azadiractina, chocho y ceniza, estos tratamientos tuvieron un tiempo de protección similar e inferior a 10 días, lo cual se considera como un periodo corto de protección; esto debido posiblemente a la baja mortalidad de las larvas de las plagas en estudio, ya que los extractos botánicos alcanzaron apenas el 6 % de mortalidad, si se compara con el alcanzado con malathion 25% que fue del 100%. Al respecto Taramuel (2017), obtuvo resultados que muestran que el insecticida químico malathion 25% mantiene bajas tendencias de daños apenas el 2%, por el contrario de lo que se obtuvo con los tratamientos agroecológicos, que mostraron mayor margen de daño en los tubérculos en dicho estudio, por lo que no son las mejores alternativas por lo expuesto, siendo aún el malathion la forma de control predominante por su alta efectividad en el manejo del complejo polillas.

Sin embargo, los pesticidas químicos pese a su alta eficacia no dejan de ser altamente peligrosos para la salud humana y el ecosistema. La dificultad del complejo de polillas, que afrontan los agricultores, conlleva al uso frecuente e indiscriminado de plaguicidas altamente tóxicos que son utilizados para la desinfestación de tubérculos tanto comercial como para semilla, lo cual a la larga y debido al mal uso, causan deterioro progresivo de la calidad de vida del agricultor (Iannacone y Lamas, 2002).

Reducir la dependencia de plaguicidas (malathion) es de vital importancia para disponer de un ecosistema agrícola saludable que reduzca su exagerado uso,



sin embargo, dada su alta eficacia en el control de polillas; alta mortalidad de larvas, bajo nivel de daño en los tubérculos y alto tiempo de protección, ha demostrado ser un producto confiable para el agricultor, que en consecuencia reduce las pérdidas económicas (6%) García (2017), que en comparación con la aplicación de productos no tóxicos, como el control botánico, de plantas que contiene sustancias repelentes; agua de cocción de chochos, aceite de azadiractina y cenizas de eucalipto, son alternativas que han mostrado baja eficacia en el control del complejo de polillas en este estudio, por lo tanto los insecticidas son considerablemente superiores a estos tratamientos, razón por la cual no es una alternativa 100% fiable y eficiente que sustituya completamente a los plaguicidas, lo que conlleva a que su aplicación no sea confiable para el control de plagas. Castillo (2016) concuerda con lo expuesto a que los productos botánicos, que a pesar de ser biodegradables y recurrentes en su aplicación, que procuran la salud y el medio ambiente sin que esto represente un riesgo, es un factor favorable para un producto amigable y ecológico, pero en términos de eficacia siguen estando muy por debajo de lo que muestran los plaguicidas en el control de plagas, aunque en el manejo integral de plagas estipula que las propiedades insecticidas de los controles botánicos podrían mejorarse si se combinan con otras alternativas; como los bioplaguicidas.

Otro aspecto que se considero es la dosificación de los tratamientos, que consiste en la administración de las distintas alternativas botánicas en los tubérculos infestados, en el presente experimento se procedió con dosis bajas, debiéndose quizá la baja eficiencia de los controles botánicos a las bajas concentraciones/dosis aplicadas de los tratamientos, lo cual podría impedir alcanzar una mayor efectividad. Este criterio concuerda con Granados y Giraldo (2020), quienes afirman que una mayor concentración de la dosis de repelentes botánicos, permiten mejorar el control preventivo en estadios inmaduros de la plaga reduciendo su ataque, descripción que coincide con (Maulana, 2017) quien sostiene que dependiendo de la concentración y uso preventivo del tratamiento se protege en diferentes grados la incidencia de las polillas en los tubérculos, si se aplica apropiada y oportunamente.

Respecto al costo de los diferentes controles aplicados para el complejo de polilla, el agua de cocción de chocho resultó ser el más costoso de los



tratamientos, con un precio de 76,80\$ y con una baja eficiencia ya que mantuvo un porcentaje de daño alto 75%, mientras que, la ceniza fue el tratamiento más económico de todos con un costo de 1\$ y una eficacia baja debido a su porcentaje de daño en los tubérculos del 50%, no obstante el resto de tratamientos azadiractina y malathion presentaron también un menor costo, 4,2 y 4 \$ respectivamente, con un porcentaje de daño de la azadiractina de entre el 25 a 50%, y el malathion con el 0% convirtiéndolo en el mejor tratamiento para el control de polillas por su alta eficiencia, siendo una opción económica, rentable y confiable de control químico con relación a los controles botánicos. Lo expuesto se corrobora con (Maldonado, 2017), pues afirma que dentro de los plaguicidas botánicos el agua de chocho es el más costo, conforme sus resultados obtenidos de \$ 327,89/ha.



8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

Con los resultados obtenidos en la presente investigación, se puede concluir que:

- En cuanto a la efectividad de los productos alternativos aplicados en la presente investigación, se pudo apreciar que el tratamiento con malathion en todos los estadios de las plagas *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias* se obtuvo una alta tasa de efectividad, observada por la alta tasa de mortalidad de larvas, bajo porcentaje de daño, y alto periodo de protección en los tubérculos infestados, mientras que con los tratamientos botánicos; agua de cocción de chocho, ceniza, azadiractina, y control no se presentaron diferencias en cuanto a su efectividad cuyas tendencias se mantuvieron bajas.
- Con relación al estadio más susceptible se determinó que el estadio 1 resulta ser el más susceptible en cuanto a *Tecia solanivora*, y en el caso de *Symmetrischema tangolias* el tercer estadio presentó la mayor susceptibilidad, siendo concretamente los estadios iniciales de la plaga donde los tratamientos botánicos mostraron algún grado de afección a las plagas en estudio.
- El tratamiento con malathion tiene un tiempo de protección de tubérculos prolongado tanto en *Tecia solanivora* como *Symmetrischema tangolias*, que puede ser igual o superiores a los 100 días, mientras que con los tratamientos botánicos el tiempo de protección es corto que no alcanzan ni siquiera los 10 días, lo que significa que al utilizar el control con malathion se ahorra tiempo ya que con una sola aplicación puede controlar las polillas durante el tiempo de almacenamiento, sin embargo por su toxicidad no es muy recomendable su uso.

Respecto al costo de los tratamientos implementados en esta investigación, se establecieron de acuerdo con los criterios de viabilidad económica, eficacia y confiabilidad, que se experimentó en los tubérculos - semilla. Por lo tanto, se concluye que el tratamiento con agua de cocción de chocho resultó ser el más caro de todos los tratamientos de control empleados en el estudio, cuyo costo es de \$76.80 y en la mayoría de los casos no resultó ser eficiente en cuanto al



control de las polillas. Por otro lado, el costo de azadiractina (Neem X) fue \$4.20, malathion \$4 y ceniza \$1.

8.2 Recomendaciones

- En los ensayos desarrollados con los diferentes tratamientos botánicos, junto con el Malathion se pudo observar que este último fue el más eficiente de todos los controles de plagas, sin embargo su excesiva administración representa un riesgo para la salud y el medio ambiente, razón por la cual se recomienda realizar una evaluación en dosis más altas de los controles botánicos, para una mayor concentración de estos plaguicidas, a efecto de que los tratamientos puedan mejorar su efectividad y confiabilidad en el control de las polillas, para obtener alternativas que sean más sustentables y agroecológicas, que mitiguen la dependencia de agroquímicos por productos más amigables
- En los primeros estadios larvales de las polillas, sobre todo ante infestaciones tempranas de la plaga es recomendable para su control como medio de tratamiento el uso de cenizas y Neem, ya que muestran una tasa de mortalidad larval considerable con respecto a otras alternativas de extractos botánicos, además de mejorar los procesos de extracción de los principios activos de las diferentes especies vegetales con actividad insecticida, ya que esto posibilita la obtención de un mayor rendimiento del agente controlador en su actividad plaguicida.
- Las variaciones en los niveles de protección respecto de cada tratamiento, según la gravedad de la infestación y daños a los tubérculos, se sugiere que la combinación de productos químicos con alternativas botánicas, muestran resultados significativos al mejorar la eficacia del control de plagas, conciliando así un método de Manejo Integral de Plagas más óptimo
- Respecto al costo de los diversos tratamientos empleados, con las alternativas botánicas y agroquímica, se sugiere el uso del Malathion que es el segundo tratamiento más económico de los controles de plaga evaluados, sobre todo en casos donde la infestación de la plaga sea agresiva, en tanto que en infestaciones precoces se recomienda el uso de controles botánicos por cenizas que es el tratamiento más asequible de todos los controles en conjunto con la Azadiractina cuya inversión es similar a la del Malathion.



9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldás Aldás, M. B. (2017). *Uso de insecticidas en el cultivo de Papa (Solanum tuberosum), por los socios de la corporación de asociaciones agropecuarias del cantón Quero "COAGRO-Q."*
<https://pdfs.semanticscholar.org/ce1a/cde0ca24f6c554df9a3a8c75e625b638f118.pdf>
- Altamirano, M., Meneses, A., Meneses, E. A., y Villeda, M. (2019). *Manejo de la palomilla de la papa. 506.*
- Bedmar, F. (2017). Informe especial plaguicidas agrícolas. *The Journal of Agricultural Science*, 21(doi:10.1017/S0021859605005708.), 144, pp 31-43.
<http://dx.doi.org/10.1017/S0021859605005708>
- Brechelt, A. (2017). *El árbol de NIM historia y prespectivas de una planata de uso multiple. 21.*
- Calderon, R., Barea, O., Ramos, J., Crespo, L., Bejarario, C., Herbas, J., y Lino, V. (2018). *Desarrollo de componentes del manejo integrado de las polillas de la papa.* www.proinpa.org
- Calle Kantuta, N. L. (2017). *Análisis de la dinámica poblacional de la polilla de papa en tres comunidades del municipio de Ancorarnies.*
- Cañar Lucero, J. C. (2017). *Evaluación de la estrategia de difusión del bioinsecticida JLZ9f para el control biológico de la polillas de la papa Tecia Solanivora, en almacenamiento, en la provincia del Carchi.*
- Cantú, M., y Robles, C. (2017). Nanoplaguicidas, ¿un verdadero avance para la agricultura? *Nanopesticides/Nanoplaguicidas Revista Bio Ciencias*, 4(3), 164–178. <http://revistabiociencias.uan.edu.mx>
- Castillo Ticse, J. A. (2016). *Efecto del parasitismo de Orgilus lepidus Mues, apantales sudandinus Blanch, y Dolichogenidea gelechiidivoris Marsh, sobre Symmetrischema Tangolias en tubérculos de papa. 1–8.*
file:///C:/Users/Javier/Downloads/UNFV_Victorio_Roman_Eva_Maria_Titulo_Profesional_2018.pdf



- Chingal Valdiviezo, Á. S. (2019). *Evaluación de portadores sólidos para la formulación de bioinsecticidas a base del virus de la granulosis y anchilibí para el control de polillas de la papa, Tecia Solanivora (Povolny), en San Gabriel, provincia del Carchi.*
- Chirinos, D. T., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Peñarrieta Bravo, S., Solis, L., y Geraud-Pouey, F. (2019). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 1–16. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1276
- Coronado, C. (2018). *Aplicación de un modelo para el análisis de la polilla de la papa, Phthorimaea operculella (Zeller), en el valle del Mantaro.*
- CORPOICA. (1999). *Manual integrado de la polilla Guatemalteca de la papa Tecnia Solanívora (Povolny)* (p. 45).
- Cuasapaz, P. (2017). *VI congreso ecuatoriano de la papa.*
- Cuasapud Velasco, W. E. (2015). Evaluación de tres insecticidas para el control de polillas en papa variedad super chola en el sector de Santa Martha de Cuba, provincia de Carchi. *Biomédica*, 31(sup3.2). <https://doi.org/10.7705/biomedica.v31i0.530>
- García Montoya, S. R. (2017). Análisis de la contaminación por el uso de plaguicidas en los suelos agrícolas de la provincia del Carchi, bioacumulación y propuesta de un modelo productivo sostenible. *Revista de La Universidad Internacional Sek*, no. 32, 1–49. <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/1474>
- García Rojas, J., Robles Bermúdez, A., Cambero Campos, O. J., Carbajal Cazola, C. R., y Peña Sandoval, G. R. (2017). Metabolic resistance to pesticides. *Revista Bio Ciencias*, 52(December), 1–16. <https://doi.org/10.15741/revbio.04.06.01>
- Granados, E., y Giraldo, H. (2020). Alternativas biológicas para el manejo de la polilla guatemalteca Tecia solanivora (Povolny), como contribución a la producción limpia de la papa, en Suramérica. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 5, 78–81.



<http://ojs.unipamplona.edu.co/ojsviceinves/index.php/rcyta/article/view/846/804>

- Gumpel Farbara, J. (2017). *Plagas y enfermedades de los cultivos de papa, maiz y alfalfa en el area de influencia del canal de riego Ambato - Huachi - Pelileo* (p. 146).
- Iannacone, J., y Lamas, G. (2002). *Efecto insecticida de cuatro extractos botánicos y del cartap sobre la polilla de la papa Phthorimaea operculella (Zeller) (Lepidoptera : Gelechiidae), en el Perú. February 2017, 12.*
- INIAP. (2017). *Sistematización de tecnologías desarrolladas para el control de Tecia solanivora, dentro de un programa de manejo integrado de plagas.* 52. <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/418/4/iniapscbt4s.pdf>
- Maldonado, M. I. L. (2017). Evaluación del agua de coccion de chocho (*Lupinus mutabilis* sweet) y ceniza de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) para el control de polilla (tecia solanivora) en dos sistemas de almacenamiento de semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el caserío rosal. In *Universidad Técnica De Ambato Facultad.* <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/5301/Mg.DCEv.Ed.1859.pdf?sequence=3>
- Maulana, M. S. R. (2017). Biología de una población de Tecia Solanivora resistente a Carbofiran. *Ekp*, 13(3), 1576–1580.
- Morante Silva, P. M. (2019). *Efecto del extracto de etanólico de Azadirachta indica A. Juss. 1830 Neem sobre la viabilidad del huevo y larva de Aedes aegypti L. 1762.* 68.
- Muñoz Bunay, D. A. (2019). *Evaluación de cinco controles alternativos para el manejo de barrenadores del chocho (Lupinus mutabilis Sweet) en la parroquia Palmira, cantón Guamote, provincia de Chimborazo.* 102.
- Naranjo Vásquez, N. I. (2015). *Descripción etológica de la polilla del cultivo de papa (Solanum Tuberosum L.) variedad leona blanca en laboratorio. CEASA, sector Salache, provincia de Cotopaxi, 2015* (Vol. 1).
- Pallo Alomoto, B. P. (2017). *Identificación de especies de nematodos entomopatógenos mediante la técnica PCR y microscopía electrónica de*



barrido, en aislamiento pertenecientes a la colección de la estación experimental Santa Catalina - INIAP.

Pérez Consuegra, N. (2018). Alternativas a los plaguicidas altamente peligrosos en América Latina y el Caribe. In *IPEN / ACTAF*. <http://www.rap-al.org>

Pérez, E. N., Gutiérrez, C. G., Báez, R. C., y Montoya, E. V. (2017). Bioplaguicidas: Una Opción Para El Control Biológico De Plagas. *Ra Ximhai*, 8(3), 41–49.

Pijuango Laine, R. A. (2020). *Adapatabilidad de papas nativas (Solanum spp), procedentes de la provincia de Chimborazo, en el cantón Cotacachi.*

Pintado Lucero, H. M. (2017). *Evaluación de la eficiencia de protección del bioinsecticida Bacu - Turin al ataque del complejo de polillas, en sistemas de manejo de semilla de papa de los agricultores del cantón Paute.*

Ríos Mesa, D., Castillo Carrillo, C., Cely Pardo, L., Barreto Triana, N., y Trujillo Garc. (2019). La polillas Guatemalteca de la papa, Tecia Solanivora. *Cuadernos de La Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 42. <https://doi.org/10.31167/csef.v0i42.17500>

Taramuel, C. (2017). *Evaluación de métodos agroecológicos para el control de gusano blanco y polillas en el cultivo de la papa, en Chicho Caico, Cristóbal Colón, Carchi.*

Trujillo Ruiz, A. P., Zapata Restrepo, L. N., Hoyos Sánchez, R. A., Yepes Rodríguez, F. C., Capataz Tafur, J., y Orozco Sánchez, F. (2018). *Determinación de la DL 50 y TL 50 de extractos etanólicos de suspensiones celulares de azadirachta indica sobre spodoptera frugiperda Azadirachta indica over Spodoptera frugiperda.* 61(2), 4564–4575.

Villanueva, D. F., y Saldamando Benjumea, C. I. (2017). Tecia solanivora, Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae): una revisión sobre su origen, dispersión y estrategias de control biológico. *Ingeniería y Ciencia*, 9(18), 197–214. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.9.18.11>

10. ANEXOS

Anexo 1: Elaboración de cámaras de cría



Figura 11.1. Cámara de crías

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021

Anexo 2: Colocación de los tubérculos infectados en la cámara de cría



Figura 11.2. Tubérculos infestados en la cámara de cría

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021

Anexo 3: Instalación de los sensores y colocación de los focos infrarrojos en las cámaras de cría.



Figura 11.3. Cámara de cría de *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias*

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021

Anexo 4: Lectura y control de la temperatura.



Figura 11.4. Lectura de la temperatura

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021

Anexo 5: Identificación de la especie *Tecia solanivora*



Figura 11.5. Captura de *Tecia solanivora*

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021



Figura 11.6. Polilla de *Tecia solanivora*

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021

Anexo 6: Identificación de la especie *Symmetrischema tangolias*



Figura 11.7. Captura de *Symmetrischema tangolias*

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021



Figura 11.8. Polilla de *Symmetrischema tangolias*

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021

Anexo 7: Aislamiento de las especies *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias*



Figura 11.9. Cámaras de cría de *Tecia solanivora* y *Symmetrischema tangolias*

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021

Anexo 8: Alimentación de las polillas



Figura 11.10. Alimentación de las polillas

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021

Anexo 9: Aplicación del tratamiento de ceniza



Figura 11.11. Aplicación del tratamiento
e ceniza en los tubérculos

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021



Figura 11.12. Colocación de
los tubérculos en las
bandejas

Elaboración: Herrera y Rodríguez,
2021

Anexo 10: Aplicación del tratamiento azadiractina (Neem X)



Figura 11.13. Medición del Neem X

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021



Figura 11.14. Aplicación del tratamiento del Neem X en los tubérculos

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021



Figura 11.15. Secado de los tubérculos

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021



Figura 11.16. Colocación de los tubérculos en las bandejas

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021

Anexo 11: Aplicación del tratamiento del malathion



Figura 11.17. Aplicación del malathion en los tubérculos

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021



Figura 11.18. Mescla del tratamiento con los tubérculos

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021



Figura 11.19. Colocación en las bandejas

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021

Anexo 12: Aplicaciones del tratamiento del chocho

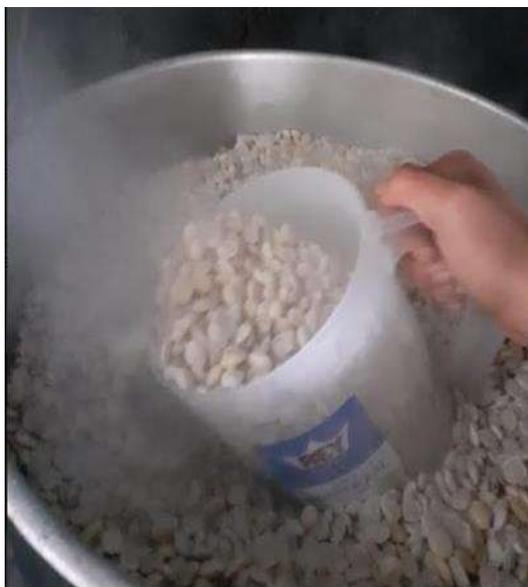


Figura 11.20. Cocción del chocho

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021



Figura 11.21. Aplicación del chocho en los tubérculos

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021



Figura 11.22. Secado de los tubérculos

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021



Figura 11.23. Colocación de los tubérculos en las bandejas

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021

Anexo 13: Recolección de larvas de *Tecia solanivora*



Figura 11.24. Recolección de larvas de *Tecia solanivora*

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021



Figura 11.25. Larvas de *Tecia solanivora*

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021

Anexo 14: Recolección de larvas de *Symmetrischema tangolias*



Figura 11.26. Recolección de larvas de *Symmetrischema tangolias*

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021



Figura 11.27. Larvas de *Symmetrischema tangolias*

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021

Anexo 15: Diseño experimental



Figura 11.28. Diseño experimental de bloques completamente al azar

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021

Anexo 16: Toma de datos



Figura 11.29. Daños ocasionados en los tubérculos

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021



Figura 11.30. Ingreso de la larva al tubérculo

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021



Figura 11.31. Toma de datos

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021

Anexo 17: Eliminación de residuos



Figura 11.32. Recolección de los residuos

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021



Figura 11.33. Quema de los residuos

Elaboración: Herrera y Rodríguez, 2021