



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

**“EVALUACIÓN DEL CONTROL ETOLÓGICO DE POLILLA EN CULTIVO
DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN TRES LOCALIDADES DE IMBABURA”**

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTORA:

Elvia Mariela Tuquerres Tabango

DIRECTORA:

Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

Ibarra, noviembre, 2022

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Evaluación del control etológico de polilla en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en tres localidades de Imbabura.

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

APROBADO:

Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

DIRECTOR



FIRMA

Fernando Basantes, MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Luis Marcelo Albuja Illescas, MS.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100465593-0		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Tuquerres Tabango Elvia Mariela		
DIRECCIÓN:	Chaltura-Antonio José de Sucre		
EMAIL:	emtuquerrest@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	-----	TELÉFONO MÓVIL:	0994915513

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación del control etológico de polilla en cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) en tres localidades de Imbabura.
AUTOR (ES):	Tuquerres Tabango Elvia Mariela
FECHA: DD/MM/AAAA	05/12/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 05 días del mes de diciembre de 2022

EL AUTOR:

Elvia Mariela Tuquerres Tabango

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Elvia Mariela Tuquerres Tabango, con cédula de ciudadanía Nro. 100465593-0, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 5 días del mes de diciembre de 2022



Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 5 días del mes de diciembre del 2022

Elvia Mariela Tuquerres Tabango: Evaluación del control etológico de polilla en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en tres localidades de Imbabura.

Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 5 días del mes de diciembre del 2022, 94 páginas.

DIRECTORA: Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el control etológico de polilla en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en tres localidades de Imbabura.

Entre los objetivos específicos se encuentran: Determinar la dinámica poblacional de polilla a través de diferente número de feromonas sexuales en el cultivo de papa, comparar la calidad del tubérculo y el rendimiento del cultivo bajo los tratamientos en estudio y valorar el análisis económico del cultivo de papa bajo la implementación de feromonas sexuales en comparación con el manejo convencional.



Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD.

Directora de Trabajo de Grado



Elvia Mariela Tuquerres Tabango

Autor

AGRADECIMIENTO

Me permito extender mi más profundo agradecimiento a la gloriosa Universidad Técnica del Norte, a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA) y en especial a la carrera de Ingeniería Agropecuaria por ser la sede de mi formación académica.

También agradezco al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y Centro Internacional de la Papa (CIP) por brindarme su apoyo.

Mi gratitud a mi directora de tesis PhD. Julia Prado por ayudarme y guiarme con paciencia en cada etapa del proyecto. A mis asesores de tesis MSc. Marcelo Albuja y MSc. Fernando Bansantes por su orientación para culminar con éxito mi trabajo de titulación.

Agradezco infinitamente a toda mi familia por todo su apoyo, especialmente a mis padres por ser el pilar fundamental de mis logros, por motivarme y enseñarme que con esfuerzo y dedicación todo es posible.

Finalmente, a mis amigos, por brindarme su sincera amistad y ser parte de este largo proceso.

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico con mucho cariño a mis padres Elena y Víctor como muestra de eterna gratitud y admiración, por su sacrificio y esfuerzo, por su apoyo incondicional, por enseñarme a luchar por mis metas, por creer y confiar en mis capacidades. A mis hermanos Blanca, Silvia, Jefferson, Alexander y Samia por motivarme y enseñarme a ser perseverante.

Elvia Mariela Tuquerres Tabango

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	I
ÍNDICE DE TABLAS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE ANEXOS	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
CAPÍTULO I	9
INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 ANTECEDENTES.....	9
1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	10
1.3 JUSTIFICACIÓN	11
1.4. OBJETIVOS	12
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	12
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	12
1.5 HIPÓTESIS.....	12
CAPITULO II.....	13
MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 CULTIVO DE PAPA.....	13
2.1.1 <i>Origen</i>	13
2.1.2 <i>Importancia económica de la papa en Ecuador</i>	13
2.1.3 <i>Taxonomía de la papa</i>	13
2.1.4 <i>Fenología de la papa</i>	14
2.2 PLAGAS DEL CULTIVO	15
2.2.1 <i>Polilla de la papa</i>	16
2.3 ESTADIOS DE LA POLILLA DE LA PAPA	17
2.3.1 <i>Phthorimaea operculella</i>	17
2.3.2 <i>Symmetrischema tangolias</i>	19
2.3.3 <i>Tecia solanivora</i>	20
2.4 MANEJO INTEGRADO DE LA POLILLA	21
2.4.1 <i>Control químico</i>	21

2.4.2 Control cultural.....	22
2.4.3 Control biológico.....	22
2.4.4 Control etológico.....	22
2.5 MARCO LEGAL.....	25
CAPITULO III.....	27
MARCO METODOLÓGICO.....	27
3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	27
3.1.1 Ubicación geográfica.....	27
3.2 MATERIALES.....	27
3.3 MÉTODOS.....	28
3.3.1 Factor en estudio.....	28
3.3.2 Diseño experimental.....	28
3.3.4 Características del experimento.....	29
3.3.5 Análisis estadístico.....	30
3.3.6 Variables evaluadas.....	31
3.4 MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	36
3.4.1 Instalación de trampas con feromonas.....	36
3.4.2 Manejo del Cultivo de Papa.....	42
CAPITULO IV.....	47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
4.1 Dinámica poblacional.....	47
4.1.1 Temperatura y precipitación por localidad.....	49
4.2 Número de trampas.....	55
4.3 Incidencia de la plaga en el tubérculo.....	57
4.4 Rendimiento (T ha-1).....	58
4.5 Presencia de la polilla en postcosecha.....	59
4.6 Ciclo de vida de la polilla.....	59
4.6.1 Días de aparición del adulto.....	59
4.6.2 Días de vida de la polilla adulta.....	60
4.7 Análisis económico.....	61
CAPITULO V.....	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
5.1 CONCLUSIONES.....	66

5.2 RECOMENDACIONES	66
REFERENCIAS	67
ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Principales plagas del cultivo de papa</i>	15
Tabla 2 <i>Materiales que se utilizaron en la investigación</i>	28
Tabla 3 <i>Niveles considerados en la investigación</i>	29
Tabla 4 <i>Formato para registrar los datos del monitoreo del complejo de polillas</i>	42
Tabla 5 <i>Número de trampas por especie de polilla en los tres niveles de tres localidades de la provincia de Imbabura</i>	56
Tabla 6 <i>Rendimiento del cultivo de papa (T ha-1) de los niveles evaluados bajo diferentes densidades de trampas con feromona sexual</i>	58
Tabla 7 <i>Días de aparición de la polilla adulta en postcosecha en cajas entomológicas que contenían muestras de tubérculos de papa provenientes de los tres niveles evaluados en base a la densidad de trampas con feromonas</i>	60
Tabla 8 <i>Días de vida de la polilla adulta capturada en las cajas entomológicas que contenían muestras de tubérculos de papas provenientes de los tres niveles evaluados en base a la densidad de trampas</i>	60
Tabla 9 <i>Costos de la producción de una hectárea de papa en tres localidades de Imbabura</i>	62
Tabla 10 <i>Costos que varían para la producción de una hectárea de papa</i>	63
Tabla 11 <i>Análisis económico de una hectárea de papa de los tres niveles evaluados en tres localidades de Imbabura</i>	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Fenología de la papa (Solanum tuberosum L.)</i>	14
Figura 2 <i>Daños causados por la polilla. a) Daños en hojas. b) Daños en tallos. c) Daños en tubérculos de papa. d) Galerías superficiales en el tubérculo</i>	17
Figura 3 <i>Ciclo de vida de Phthorimaea operculella</i>	17
Figura 4 <i>Adulto de Phthorimaea operculella</i>	18
Figura 5 <i>Ciclo de vida de Symmetrischema tangolias</i>	19
Figura 6 <i>Adulto de Symmetrischema tangolias</i>	20

Figura 7 <i>Ciclo de vida de Tecia solanivora</i>	20
Figura 8 <i>Trampa con feromona para el control de polilla</i>	23
Figura 9 <i>Esquema del número total de trampas por lote</i>	23
Figura 10 <i>Mapa de ubicación del área de estudio</i>	27
Figura 11 <i>Diseño experimental de la investigación</i>	30
Figura 12 <i>Monitoreo quincenal de polillas macho/trampa. a) Polillas adultos macho caídos en la trampa. b) Conteo de polillas utilizando una pinza</i>	32
Figura 13 <i>Muestra de polilla tomada durante el conteo quincenal</i>	32
Figura 14 <i>Incidencia de la polilla en el tubérculo de papa. a) Corte en cuatro partes del tubérculo de papa. b) Galerías superficiales causado por la larva de T. solanivora. c) Galerías superficiales ocasionado por la larva de P. operculella</i>	34
Figura 15 <i>Quintales de tubérculos de papas que determinan el rendimiento por categoría</i>	34
Figura 16 <i>Muestras de tubérculos de papa sin importar la categoría. a) Muestras de papa en cajas entomológicas. b) Polilla adulta posada en la malla anti-insecto</i>	35
Figura 17 <i>Observación de muestras de polilla tomadas en postcosecha. a) Identificación de especies de polilla a través del estereoscopio. b) Polilla adulta especie T. solanivora. c) Polilla adulta especie P. operculella. d) Polilla adulta especie S. tangolias</i>	36
Figura 18 <i>Identificación de los lotes junto con el papicultor del sector de Yuracruz Alto</i>	37
Figura 19 <i>Elaboración de trampas con feromonas. a) Corte de dos ventanas en la botella plástica. b) Suspensión de la feromona en la botella trampa. c) Amarrado de la botella trampa hacia la estaca de madera. d) Colocación de agua en la botella trampa. e) Colocación de detergente en polvo. f) Mezcla homogénea del detergente en polvo y agua en la trampa instalada</i>	38
Figura 20 <i>Trampas con feromonas instaladas en la siembra al borde del lote en Imantag, Nivel 3</i>	39
Figura 21 <i>Distribución de trampas con feromonas aumentadas en Imantag, Nivel 3</i> ...	39
Figura 22 <i>Monitoreo quincenal en campo. a) Conteo de polillas adulto macho por trampa. b) Limpieza de la trampa. c) Muestra de polillas adulto macho. d) Desecho de polillas fuera del área experimental</i>	41

Figura 23 <i>Elaboración de la caja entomológica. a) Corte de tela tul. b) Ubicación de la muestra de tubérculos de papa en la caja de cartón. c) Pegado de la tela tul en la parte superior del cartón. d) Caja entomológica rotulada</i>	41
Figura 24 <i>Surcado para la siembra de tubérculos de papa</i>	43
Figura 25 <i>Siembra de tubérculos de papa variedad Super Chola</i>	43
Figura 26 <i>Retape del cultivo de papa. a) Retape con azadón. b) Mezcla de fertilizante</i>	44
Figura 27 <i>Aplicación de insecticida y fungicida en el cultivo de papa con bomba a motor</i>	44
Figura 28 <i>Aporque del cultivo de papa</i>	45
Figura 29 <i>Cosecha del cultivo de papa. a) Cosecha manual utilizando azadón. b) Clasificación de tubérculos de papa por categoría</i>	45
Figura 30 <i>Desinstalación de trampas con feromonas</i>	46
Figura 31 <i>Promedio del número de especie de polilla macho capturados por trampa en el nivel 2 en tres localidades de la provincia de Imbabura</i>	47
Figura 32 <i>Promedio del número de especie de polilla macho capturados por trampa en el nivel 3 en tres localidades de la provincia Imbabura</i>	48
Figura 33 <i>Fluctuación de la temperatura a lo largo del ciclo del cultivo de papa en la localidad Yuracruz Alto</i>	50
Figura 34 <i>Fluctuación de la precipitación a lo largo del ciclo del cultivo de papa en la localidad Yuracruz Alto</i>	51
Figura 35 <i>Fluctuación de la temperatura a lo largo del ciclo del cultivo de papa en la localidad Los Óvalos Alto</i>	52
Figura 36 <i>Fluctuación de la precipitación a lo largo del ciclo del cultivo de papa en la localidad Los Óvalos Alto</i>	52
Figura 37 <i>Fluctuación de la temperatura a lo largo del ciclo del cultivo de papa en la localidad Imantag</i>	53
Figura 38 <i>Fluctuación de la precipitación a lo largo del ciclo del cultivo de papa en la localidad Imantag</i>	54
Figura 39 <i>Porcentaje de daño en el tubérculo de papa causado por el complejo de polilla en los niveles evaluados bajo diferente densidad de trampas con feromonas en tres localidades de la provincia de Imbabura</i>	57

Figura 40 <i>Número de especie de polilla capturados en postcosecha en cajas entomológicas provenientes de los niveles evaluados en base a la densidad de trampas con feromonas</i>	59
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Medias y errores estándares de la interacción entre días después de la siembra, nivel y especie de polilla.</i>	76
Anexo 2. <i>Medias y errores estándares de la interacción entre días después de la siembra, nivel, especie de polilla y número de trampas.</i>	78
Anexo 3. <i>Medias y errores estándares de la interacción entre incidencia de la plaga en el tubérculo de papa y nivel basado en el número de trampas con feromona sexual. ...</i>	79
Anexo 4. <i>Medias y errores estándares de la interacción entre nivel y rendimiento del cultivo de papa (T ha-1).</i>	80
Anexo 5. <i>Medias y errores estándares de la interacción para nivel, especie de polilla y número de polillas adultas en postcosecha.</i>	80
Anexo 6. <i>Costo de producción de una hectárea de papa del cantón Ibarra sector Yuracruz Alto.</i>	81
Anexo 7. <i>Costo de producción de una hectárea de papa en el cantón Antonio Ante sector Los Óvalos Alto.</i>	82
Anexo 8. <i>Costo de producción de una hectárea de papa en el cantón Cotacachi sector Imantag.</i>	83
Anexo 9. <i>Ingreso económico por producción vendida de una hectárea de papa de cada nivel de las tres localidades de Imbabura.</i>	84

EVALUACIÓN DEL CONTROL ETOLÓGICO DE POLILLA EN CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN TRES LOCALIDADES DE IMBABURA

Autor: Elvia Mariela Tuquerres Tabango

Universidad Técnica del Norte

Correo: emtuquerrest@utn.edu.ec

RESUMEN

El control etológico es una alternativa ecológica para manejar poblaciones de insectos plaga mediante el uso de trampas con feromona sexual. El objetivo de esta investigación fue evaluar el control etológico de polilla en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en tres localidades de Imbabura. Se realizó un monitoreo indirecto cada 15 días para identificar la dinámica poblacional de tres especies de polilla: *Tecia solanivora* (Ts), *Symmestrichema tangolias* (St) y *Phthorimaea operculella* (Po), con el fin de evaluar la eficiencia del número de trampas para su control. Se evaluaron nueve lotes de cultivos de papas, tres por localidad (Ibarra, Antonio Ante e Imantag); lote uno (N1) testigo sin trampas, lote dos (N2) constó de una trampa con feromona por especie de polilla desde la siembra hasta la cosecha del cultivo y lote tres (N3) constó del incremento del número de trampas en base al monitoreo quincenal cuando la captura de polillas superó los 50 individuos/trampa/especie. En todo el ciclo del cultivo se tuvo una alta población de Ts, St y Po, teniendo en N2 el incremento en la captura de Ts y Po en un 58% y 33%, mientras que en N3 la captura de las tres especies se redujo en un 42% con el uso de seis trampas para Ts, cinco para St y tres para Po, donde se evidenció menor incidencia de daño en el tubérculo (12%) con respecto a N2 (18) y N1 (33%) y alto rendimiento (29.27 T ha⁻¹) referente a N2 (26.12 T ha⁻¹) y N1 (24.5 T ha⁻¹). En conclusión, N3 presentó mayor eficiencia en el control de las tres especies de polilla, ya que en el último monitoreo (cosecha) en promedio la captura fue inferior a 50 polillas/trampa, pues a mayor número de trampas mayor captura y control.

Palabras clave: feromona sexual, dinámica poblacional, *Tecia solanivora*, *Symmestrichema tangolias* y *Phthorimaea operculella*

ABSTRACT

Ethological control is an ecological alternative to manage pest insect populations through the use of sexual pheromone traps. The objective of this research was to evaluate the ethological control of moths in potato crops (*Solanum tuberosum* L.) in three localities of Imbabura. Indirect monitoring was carried out every 15 days to identify the population dynamics of three moth species: *Tecia solanivora* (Ts), *Symmestrichema tangolias* (St) and *Phthorimaea operculella* (Po), in order to evaluate the efficiency of the number of traps for their control. Nine batches of potato crops were evaluated, three per locality (Ibarra, Antonio Ante and Imantag); batch one control without traps, batch two consisted of a trap with pheromone per moth species from sowing to crop harvest and batch three consisted of the increase in the number of traps based on biweekly monitoring when the capture of moths exceeded 50 individuals/trap/species. Throughout the crop cycle there was a high population of Ts, St and Po, having in N2 the increase in the capture of Ts and Po by 58% and 33%, while in N3 the capture of the three species was reduced by 42% with the use of six traps for Ts, five for St and three for Po, where there was a lower incidence of tuber damage (12%) compared to N2 (18) and N1 (33%) and high yield (29.27 T ha⁻¹) referring to N2 (26.12 T ha⁻¹) and N1 (24.5 T ha⁻¹). In conclusion, N3 presented greater efficiency in the control of the three moth species, since in the last monitoring (harvest) the average capture was less than 50 moths/trap, since the greater the number of traps, the greater the capture and control.

Keywords: sexual pheromone, population dynamics, *Tecia solanivora*, *Symmestrichema tangolias* y *Phthorimaea operculella*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es el tercer cultivo alimenticio en el mundo, después del arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum*) y maíz (*Zea mays*) (Ospina, 2012), y es uno de los principales rubros económicos del Ecuador, ya que es cultivado por más de 82 mil agricultores en 11 provincias y 81 cantones del país, creando fuentes de empleo directos e indirectos para 250 mil familias, generando ingresos continuos de más de 80 millones de dólares (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2020).

Este cultivo es afectado por diversas plagas, siendo una de ellas el complejo de polillas, misma que fue detectada en el país en el año 1996 en la provincia del Carchi (Oyarzún et al., 2002), que ingresó a través de semillas no certificadas provenientes de Colombia, por lo que en ese mismo año realizaron estudios de monitoreo durante 8 semanas para identificar la distribución geográfica de la plaga, para lo cual colocaron 2 trampas con feromona sexual en localidades fronterizas con Colombia al inicio de la floración del cultivo de papa, confirmando su presencia en nueve localidades de dicha provincia (Gallegos y Suquillo, 1997).

En otros monitoreos realizados en la provincia del Carchi en los cantones Montúfar y Huaca encontraron las tres especies de polilla: *Tecia solanivora*, *Symmestrichema tangolias* y *Phthorimaea operculella*, identificando que en el cantón Montúfar el nivel de daño al tubérculo fue de un 5% hasta 24%, mientras que en el cantón Huaca no se registraron daños puesto que los productores realizan control químico para evitar el daño del cultivo y pérdidas económicas (Suquillo et al., 2011)

Asimismo, en otro ensayo realizado en la provincia del Carchi, donde evaluaron la eficiencia de la densidad de trampas por hectárea con fines de monitoreo y control del complejo de polilla; con 2 trampas/ha capturaron 4 042 polillas machos/ha con un 20% de daño en los tubérculos, mientras que, con 10 trampas/ha capturaron 11 904 polillas machos/ha con un 16% de daño en los tubérculos, presentando esta densidad un 4% menos de daño que la densidad de 2 trampas/ha, por tanto, a mayor número de trampas; mayor captura de la plaga y menor incidencia de daño en los tubérculos (Suquillo et al., 2003).

Del mismo modo, en la provincia de Cotopaxi evaluaron el porcentaje de daño en el tubérculo a la cosecha y en almacenamiento, donde colocaron pupas de la plaga previamente identificado la especie de polilla (*T. solanivora*, *P. operculella* y *S. tangolias*), cada especie colocaron en diferentes baldes que contenían muestras de tubérculos de papa sin daño alguno, teniendo como resultado; el 30% de daño en campo y 50% de daño en tubérculos almacenados, siendo la especie *T. solanivora* la más agresiva a comparación de *P. operculella* y *S. tangolias* (Herrera y Dangles, 2012).

Además, en Perú con el fin de controlar una de las especies de polilla *P. operculella* tanto en campo como en almacenamiento desarrollaron un ensayo utilizando trampas con feromonas de diferente principio activo; trans -4, cis -7, tridecatrien-1-ol acetato (llamado PTM1) y trans -4, cis -7, cis -10-tridecatrien-1-ol acetato (llamado PTM2), obteniendo como resultado la reducción del daño en los tubérculos en un 45% a la cosecha en comparación con la parcela testigo, siendo ambos principios activos efectivos en el control de la plaga, puesto que en los tubérculos almacenados se tuvo el 15% de daño menos que en los tubérculos obtenidos de la parcela testigo (Raman, 1988).

De igual forma, en Colombia evaluaron la eficacia de trampas con feromonas constituida por E3-12Ac, Z3-12Ac y 12Ac para controlar la especie de polilla *T. solanivora*, donde obtuvieron como resultado la reducción de tubérculos dañados por la plaga a la cosecha de un 10% en el área tratada con trampas con feromonas (9%) en comparación con el área testigo (19%), asimismo, el rendimiento del cultivo fue mayor en el lote tratado con trampas con feromonas (9 660 kg/ha) con 2 108 kg/ha más que el lote testigo (7552 kg/ha) (Bosa et al., 2008).

Además, en un ensayo realizado en Chile analizaron la eficiencia de la densidad de trampas por hectárea (10, 20 y 40 trampas/ha) con el objetivo de controlar la plaga; con 10 trampas/ha capturaron 54 864 adultos machos/ha, con 20 trampas/ha 90 173 adultos machos/ha y con 40 trampas/ha 108 588 adultos machos/ha, donde el mayor porcentaje de daño causado por las larvas de *P. operculella* en los tubérculos de papa fue en la parcela testigo (51%), seguido por el tratamiento de 10 trampas/ha (30%) el cual tuvo un daño similar a la parcela con 40 trampas/ha (25%) donde la captura casi se duplicó frente a 10 trampas/ha, mientras que, la de densidad moderada (20 trampas/ha) presentó menor daño (18.3%) en comparación con la de menor densidad de trampas (Larraín et al., 2009).

Por otro lado, los factores climáticas tienen una influencia positiva en la proliferación de los insectos plaga: incremento de la temperatura y el CO₂ atmosférico, y precipitación, siendo la temperatura el factor que más afecta su distribución, comportamiento, desarrollo y reproducción, puesto que estos son organismos poiquilotérmicos, en el que su temperatura corporal depende de la temperatura del ambiente, favoreciendo su adaptación a diferentes franjas altitudinales (Bacca et al., 2021; Wilches et al., 2022).

1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El cultivo de papa es afectado por el complejo de la polilla, grupo conformado por *P. operculella*, *S. tangolias* y *T. solanivora*, cuyas larvas se alimentan de los tubérculos de la papa ocasionando graves pérdidas económicas para los agricultores, las cuales se atribuyen no solo al deterioro de la calidad del tubérculo hasta en un 40% a la cosecha y un 80 a 100% en almacenamiento, sino que a su vez disminuye su valor comercial, y los severamente afectados no se pueden utilizar ni para semilla, ni para consumo humano o animal, lo que ocasiona también la poca disponibilidad de la semilla de papa (Oyarzún et al., 2002; Salazar y Betancourth, 2009; Cruz y Maldonado, 2017). Debido a estas condiciones el agricultor

compra la semilla de diferentes localidades, con lo cual se incrementan los riesgos de difundir otras plagas y los costos de producción del cultivo (Barragán, 2005; Salazar y Betancourth, 2009).

Esta plaga, en estadio adulto causa daños en las hojas, tallos y peciolas mediante minas irregulares, mientras que en estadio larval afecta los tubérculos presentes en el campo y almacenamiento mediante galerías profundas que dañan su calidad, debido al mal manejo del cultivo, semillas infestadas, la temperatura, entre otros (Valencia, 1986; Castillo et al., 2019).

Por esta razón, los agricultores han acudido a la aplicación de altas cantidades de plaguicidas químicos como único método de control, lo cual queda como residuos en los tubérculos (Torres, 1998). Además, provoca daño a la salud humana y al ambiente por su toxicidad, riesgo en el equilibrio ecológico, incremento del umbral económico, apareamiento de nuevas plagas y resistencia en las poblaciones de polillas (Barragán, 2005) Generalmente, para conservar el tubérculo en almacenamiento emplean productos con ingredientes activos como: carbaril y malathion al 5% (Suquillo et al., 2004) y en campo clorpirifos, profenofos y fipronil en dosis de 2, 2.5 y 0.31 g/l de agua respectivamente (Chamorro et al., 2004). Éstos se aplican por espolvoreo o asperjados a la semilla o raíz (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2011).

En la provincia de Imbabura los agricultores desconocen la existencia de tres especies diferentes de polilla y no están familiarizados de cómo evitar su propagación, por lo que el manejo resulta ineficiente (Castillo et al., 2019).

1.3 JUSTIFICACIÓN

Las trampas con feromonas son una alternativa ecológica para manejar poblaciones de insectos plagas, el cual busca un desarrollo sostenible que conduzca el equilibrio entre los cultivos por explotar y el medio ambiente (Cotes et al., 2012).

De ahí, la importancia de desarrollar este estudio, ya que según Vera et al. (2009) mediante el uso de trampas con feromonas sexuales sintéticas específicas para cada especie de polilla se logra el control de la plaga de forma natural, donde la trampa atrae y captura a los machos de la polilla evitando la cópula y con una menor contaminación ambiental, obteniendo un incremento de hasta un 20% en la producción del cultivo.

Además, el uso de feromonas sexuales para la atracción de machos de la palomilla no tiene efectos nocivos hacia controladores biológicos, no es tóxica para el ambiente ni para la salud humana y se emplea en Manejo Integrado de Plagas (MIP) para monitoreo de niveles de dinámica poblacional, control directo mediante trampeo masivo y control indirecto mediante la interrupción de la cópula (Trujillo y Perera, 2011). Son efectivas para reducir el número de polillas de la papa y el uso de insecticidas químicos (Suquillo et al., 2009).

Con base en estos antecedentes se planteó la presente investigación, con el fin de evaluar la dinámica poblacional de la plaga mediante trampas con feromonas, puesto que estudios

preliminares demuestran que existe un control mediante el uso de trampas en diferentes densidades, por lo que se vio la necesidad de realizar este estudio en tres cantones de la provincia de Imbabura y así demostrar a los agricultores que existen métodos de control alternativos al control químico.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el control etológico de polilla en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en tres localidades de Imbabura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la dinámica poblacional de polilla a través de diferente número de feromonas sexuales en el cultivo de papa.
- Comparar la calidad del tubérculo y el rendimiento del cultivo bajo los tratamientos en estudio.
- Valorar el análisis económico del cultivo de papa bajo la implementación de feromonas sexuales en comparación con el manejo convencional.

1.5 HIPÓTESIS

H₀: No existen diferencias significativas en el rendimiento del cultivo de papa entre los tratamientos establecidos en las diferentes localidades Ibarra, Antonio Ante y Cotacachi.

H_a: Si existen diferencias significativas en el rendimiento del cultivo de papa en uno de los tratamientos establecidos en las diferentes localidades Ibarra, Antonio Ante y Cotacachi.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 CULTIVO DE PAPA

La papa corresponde al género *Solanum*, que agrupa a plantas que producen tubérculos verdaderos. Es una planta herbácea, caducifolia, perenne, dicotiledónea, que puede alcanzar un metro de altura (Falconi, 2013).

2.1.1 Origen

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es originaria de los Andes Sudamericanos, en dónde la cultivaban desde hace 4000 años (Pumisacho y Velásquez, 2009), en el altiplano cercano al lago Titicaca, en la actual zona limítrofe entre Perú y Bolivia (Vignola et al., 2017). Andrade et al. (2002) afirman que existen cerca de 5 000 cultivares de papa a nivel mundial, de los cuales se cultivan menos de 5 00 en los Andes, sin embargo, en Ecuador se siembran solo 30 variedades, de los cuales según Chehab (2015) afirma que las variedades más cultivadas son: 37% Super Chola, 21% INIAP – Gabriela, 11% Cecilia o leona blanca, 7% Friepapa y 5% Chaucha.

2.1.2 Importancia económica en Ecuador

En el año 2021, la superficie cosechada de papa a nivel nacional fue de 19 088 hectáreas con una producción anual de 0.24 millones de toneladas, siendo la provincia del Carchi la de mayor producción (0.10 millones de toneladas) representando el 41.27% de la producción nacional, seguida por Bolívar con 15.37%, Chimborazo con 13.39%, mientras que las demás provincias representan el 50.18%, en donde se encuentra Imbabura; con una superficie cosechada de 1 054 hectáreas y una producción anual de 25 314 toneladas (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2022). (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2022).

2.1.3 Taxonomía de la papa

Según Pumisacho y Sherwood (2002) la clasificación taxonómica de la papa es la siguiente:

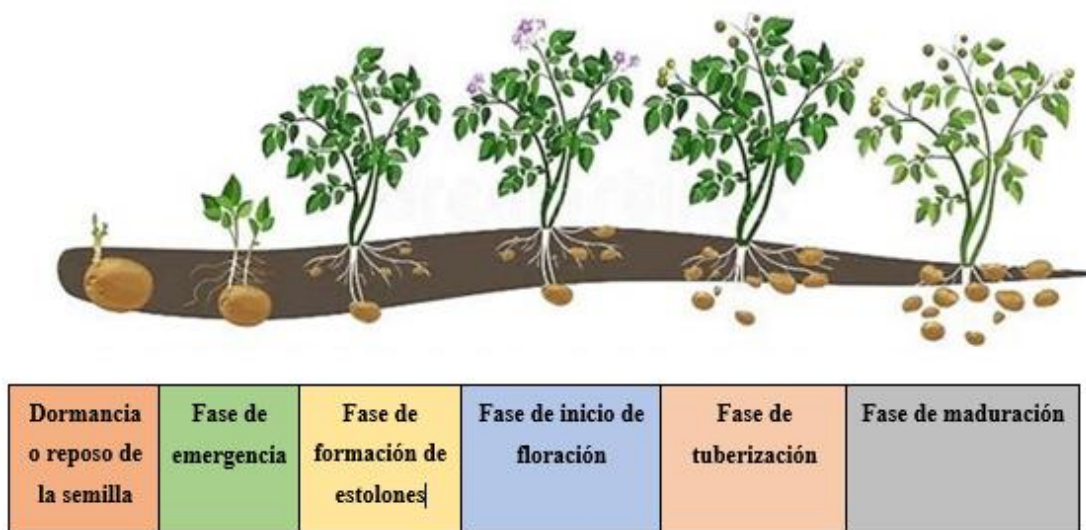
- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Dicotiledónea
- Orden: Solanales
- Familia: Solanaceae
- Género: *Solanum*
- Especie: *Solanum tuberosum* L.

2.1.4 Fenología de la papa

Este cultivo durante su crecimiento y desarrollo presenta distintas fases a nivel de órganos vegetativos y reproductivos referentes a la aparición, transformación y caída de estos. Por lo que es importante tener en cuenta su ciclo vegetativo para controlar o prevenir lesiones, enfermedades y plagas (Cortez y Hurtado, 2002). En la Figura 1 se muestra la fenología de la papa, los cuales se describen a continuación:

Figura 1

Fenología de la papa (Solanum tuberosum L.)



Fuente: Huarte y Capezio (2013).

a) Dormancia o reposo de la semilla

Es el periodo que transcurre entre la cosecha y la brotación. Para el tubérculo (semilla asexual) esta etapa dura entre 2 a 3 meses, y para la semilla sexual, 4 a 6 meses. La dormancia puede ser estimulada por cortes a modo de heridas o alguna enfermedad en el tubérculo, en estos casos la brotación se da en menor tiempo (Cortez y Hurtado, 2002).

b) Fase de emergencia

Período en el cual brotan las primeras hojas sobre la superficie del suelo, en donde se inicia la actividad fotosintética de la biomasa foliar (Falconi, 2013).

c) Fase de formación de estolones

Empieza cuando las yemas de la parte subterránea de los tallos crecen horizontalmente en forma de ramificaciones laterales (Falconi, 2013).

d) Fase de inicio de floración

Se da cuando el tallo principal finaliza su etapa de crecimiento, momento en el que aparecen los primeros botones florales. La floración es señal del inicio de la tuberización, ya que la papa comienza a emitir estolones (Arribillaga, 2013).

e) Fase de plena floración

Comienza con la apertura de los primeros botones florales emitiendo flores. Existen variedades con abundante floración, así como también existen variedades que no florecen (Huarte y Capezio, 2013).

f) Fase de Tuberización

Empieza a partir del engrosamiento de los tubérculos ubicados en los estolones. Se da debido a la asimilación de los azúcares en forma de almidón (Huarte y Capezio, 2013).

g) Fase de Maduración

Inicia con el envejecimiento de tallos y hojas, cuando presenta mayor parte de las hojas amarillentas o su pérdida total y cuando el follaje este seco. En muchas variedades este proceso culmina con la caída del follaje. Además, la planta de papa alcanza su completa madurez fisiológica cuando los tubérculos no continúan aumentando de peso y su piel está firme (no hay desprendimiento de la cutícula al presionar con los dedos) (Arribillaga, 2013).

2.2 PLAGAS DEL CULTIVO

El cultivo de papa es afectado por diversos insectos plaga que disminuye el volumen de producción y la calidad del tubérculo. Estos insectos atacan al follaje, provocan daños en los tubérculos, y hasta causan daños en almacenamiento (Oyarzún et al, 2002). En la Tabla 1 se menciona las principales plagas del cultivo de papa.

Tabla 1

Principales plagas del cultivo de papa

Ciclo vegetativo de la papa	Plagas
Emergencia	Gusano blanco o gorgojo de los andes (<i>Premnotrypes</i> spp.), afecta desde la emergencia hasta la cosecha.
Desarrollo	<i>Pemnotrypes vorax</i> , <i>Epitrix</i> spp., <i>Frankliniela tuberosi</i> , <i>Bactericera cockerelli</i> .
Floración	<i>Liriomyza</i> spp.
Tuberización	<i>Tecia solanivora</i> , <i>Phthorimaea operculella</i> y <i>Symmetrischema tangolias</i> .
Maduración	<i>Tecia solanivora</i> , <i>Phthorimaea operculella</i> y <i>Symmetrischema tangolias</i> Estas plagas también causan daños en almacenamiento.

Fuente: Pérez y Forbes (2011).

2.2.1 Polilla de la papa

Según Oyarzún et al. (2002) el complejo de las polillas de la papa (Lepidóptera: *Gelechiidae*) es un insecto conocido comúnmente como polilla o palomilla de la papa, es endémico de Guatemala, pero se dispersó rápidamente debido al comercio de la papa entre países. A fines de 1983 llegó a Venezuela en semillas procedentes de Costa Rica, en 1985 fue introducida en Colombia a través de semillas provenientes de Venezuela, y en 1996 se confirmó su presencia en Ecuador en la provincia del Carchi, donde ese mismo año el SESA declaró a esta provincia en emergencia fitosanitaria y más adelante se dispersó por todas las zonas paperas del Ecuador.

Ocasionan daños a nivel de campo y de almacenamiento. Las principales especies son: *Phthorimaea operculella* (Zeller), *Tecia solanivora* (Povolny) y *Symmetrischema tangolias* (Turner) (Barragán, 2005). Generalmente, su población es alta en la etapa de floración y tuberización, perpetuando hasta la madurez fisiológica del cultivo (Villanueva y Saldamando, 2013).

Además, esta plaga prospera cuando la temperatura es de 20°C o mayor, puesto que con temperaturas inferiores se detiene su desarrollo y la Humedad relativa óptima para su crecimiento puede variar desde los 20 hasta el 83% dependiendo de la zona en la que se encuentre, por lo que se adaptan con facilidad al cambio climático (Castro y Contreras, 2011).

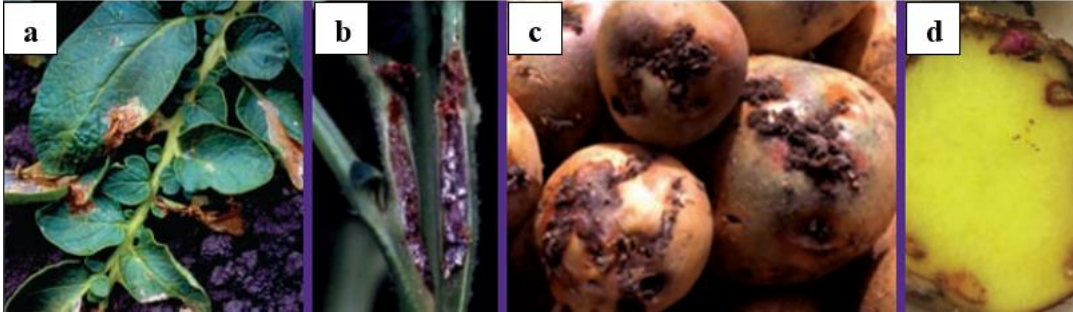
- **Daños que produce**

Según Pérez y Forbes (2011), la palomilla causa daños en el tallo, peciolo, follaje y tubérculo de papa (Figura 2). Provoca grandes pérdidas de producción entre el 50 y el 100%, afectando indiscriminadamente la semilla almacenada y los tubérculos en campo (Villanueva y Saldamando, 2013).

- **Hojas:** La palomilla adulta mina las hojas, ya que al posarse en la hoja realiza orificios que puede debilitar a la planta (Figura 2, a).
- **Tallos:** Las larvas ingresan por las axilas causando la caída de las hojas y barrenan los tallos (Figura 2, b).
- **Tubérculos:** Las larvas realizan galerías irregulares superficiales bajo la epidermis (cascara) o profundas, causando su pudrición, dañando la calidad del producto y aumentando significativamente el umbral económico (Figura 2, c y d) (Castro y Contreras, 2011).

Figura 2

Daños causados por la polilla. a) Daños en hojas. b) Daños en tallos. c) Daños en tubérculos de papa. d) Galerías superficiales en el tubérculo



Fuente: Castro y Contreras (2011).

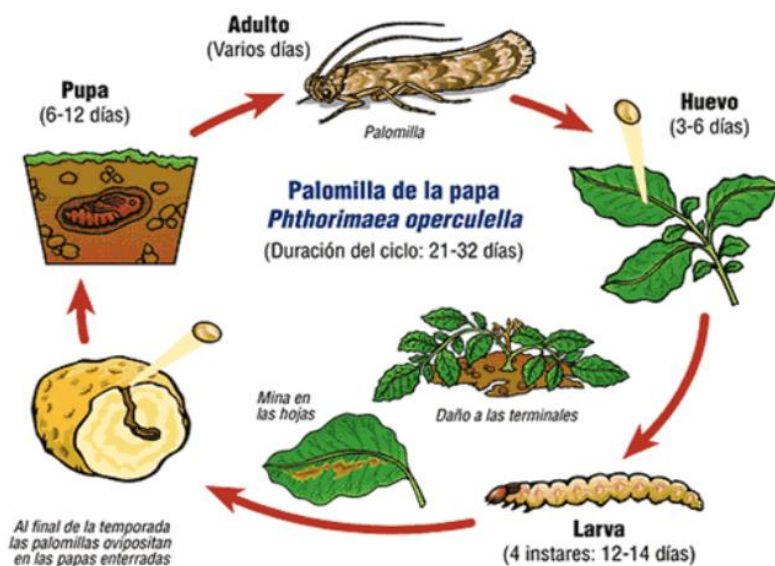
2.3 ESTADIOS DE LA POLILLA DE LA PAPA

2.3.1 *Phthorimaea operculella*

Esta especie fue descrita por Zeller en 1983, su principal hospedero es la papa, tomate, pimiento, pepino dulce entre otros de la familia de las Solanáceas (Canqui y Morales, 2009). Tiene cuatro estadios; huevo, larva, pupa y adulto (Figura 3).

Figura 3

Ciclo de vida de *Phthorimaea operculella*



Fuente: Castro (2013).

Huevo: Es semiovalado y liso de color blanco aperlado al inicio y cambia a amarillento con el paso del tiempo, su tamaño es de aproximadamente de 0.5 mm de diámetro, los cuales son ovopositados individualmente o en grupos en el envés de las hojas, tallos y cerca de los tubérculos o yemas. La incubación dura entre 6 y 8 días (Barragán, 2005).

Larva: Después de la eclosión las larvas penetran las hojas, minándolas. Las larvas completamente desarrolladas miden 12 mm de largo aproximadamente, teniendo coloraciones blancas y la parte dorsal ligeramente rosada, pero cuando se alimentan de hojas pueden presentar tonalidades verdosas. La cabeza, el protórax y el penúltimo segmento abdominal presentan manchas oscuras. El período larval tiene una duración de 12 a 14 días, pasado este tiempo las larvas abandonan las plantas o el tubérculo para transformarse en crisálidas (Goldson y Emberson, 2011).

Pupa: Su tamaño es de 5 a 8 mm de largo, la obtecta es verdosa al inicio y luego se torna de café amarillento conforme va madurando, existe dimorfismo sexual, la hembra es más grande que el macho. La parte caudal de la pupa tiene movimientos giratorios. El período pupal dura entre 6 a 15 días (Castro, 2013).

Adulto: Es de color marrón claro, las alas anteriores son de color ceniza, más oscura que las alas posteriores, con manchas irregulares pequeñas, y las posteriores con un fleco de pelos largos (Figura 4) (Castro, 2013). La hembra puede colocar los huevos en las hojas de las plantas como en los tubérculos, en campo y almacenamiento, cada una puede poner un promedio de 300 huevos durante toda su vida. Su estadio en el cultivo puede durar aproximadamente 10 días (Canqui y Morales, 2009).

Figura 4

Adulto de Phthorimaea operculella



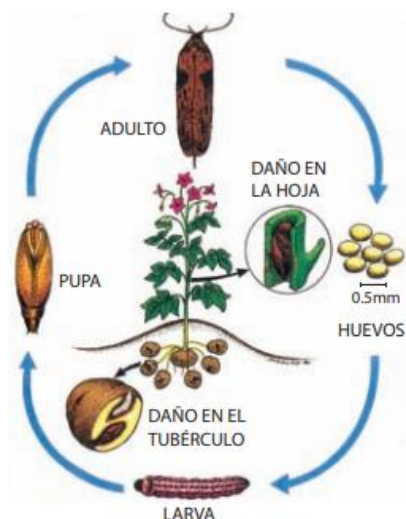
Fuente: Castro (2013).

2.3.2 *Symmetrischema tangolias*

Fue diferenciada por Gyen en 1913, en la Figura 5 se muestra los cuatro estadios de esta plaga que son huevo, larva, pupa y adulto (Calderón et al., 2002).

Figura 5

*Ciclo de vida de *Symmetrischema tangolias**



Fuente: Kroschel et al. (2012).

Huevo: Es de color blanco aperlado, pero a medida que van madurando toman un color anaranjado brillante y posteriormente plomo claro (Kroschel et al., 2012).

Larva: Posee entre 3 a 5 líneas rojas, rosado o violáceo a lo largo del cuerpo y cuando ya están desarrolladas abandonan el tubérculo para formar un capullo de seda dentro del cual se transforma en pupa (Calderón et al., 2002).

Pupa: Es de color café claro, pero cuando se aproxima la emergencia de adultos se tornan de color negro, y su emergencia se realiza por la parte superior de la pupa. La duración de esta fase varía entre 12 y 15 días. Esta plaga puede empupar dentro de tubérculos, costales, en el suelo, paredes de almacenes, entre otros (Vera et al., 2009).

Adulto: Presenta en las alas anteriores una mancha marrón oscura de forma triangular, las hembras adultas ponen aproximadamente entre 140 a 185 huevos en las axilas de las hojas de la papa (Calderón et al., 2002).

Figura 6

Adulto de Symmetrischema tangolias



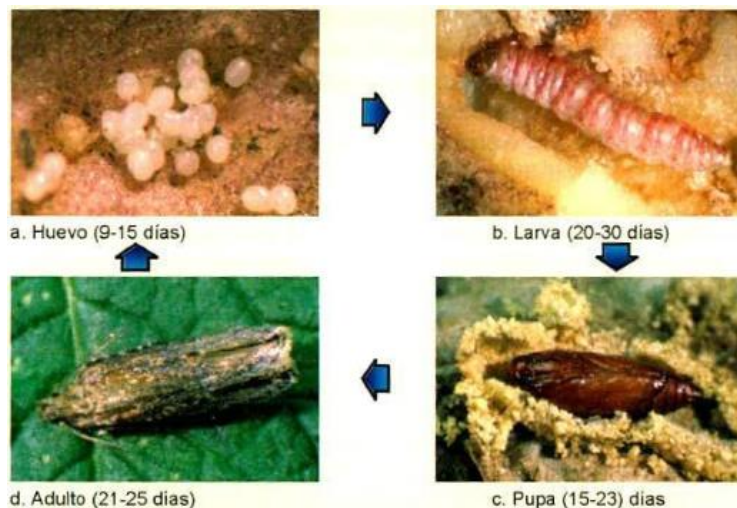
Fuente: Kroschel et al. (2012).

2.3.3 *Tecia solanivora*

Fue descrita por Povolný en 1973, esta plaga se alimenta de los tubérculos de la papa y causa daños en el tubérculo tanto en campo como en almacenamiento (Acevedo et al., 2017). La duración de su ciclo de vida varía entre 65 a 93 días (López y Espitia, 2000). En la Figura 7 se puede observar el ciclo biológico de esta especie de polilla.

Figura 7

Ciclo de vida de Tecia solanivora



Fuente: López y Espitia (2000).

Huevo: Tiene forma ovoide y mide 0.5 mm de longitud y 0.4 mm de ancho en la parte media. Recién ovipositado es de color blanco aperlado, pero con el tiempo toma un marrón oscuro. La incubación del huevo puede durar de 12 a 15 días. En el campo son puestos en las grietas del suelo cerca de la base del tallo de la planta; y en almacenamiento, en las paredes y costales (Acevedo et al., 2017).

Larva: Es eruciforme; recién emergida es de color blanco, luego toma una coloración verdusca amarillenta con ciertas manchas cremosas en el dorso, hasta que finalmente antes de abandonar el tubérculo toma una coloración rosada con tonalidades violáceas en el dorso, manteniendo el color verdusco en la región ventral. Una vez completado su desarrollo, la larva deja de alimentarse, abandona el tubérculo, pierde movilidad y empieza a tejer un capullo de seda, al cual se adhieren partículas de tierra, formándose la cámara pupal (López y Espitia, 2000).

Pupa: La obteca es fusiforme; al principio es de color rosáceo café claro, luego se torna a café oscuro y finalmente cuando el adulto está por emerger toma un color marrón oscuro casi negro. Esta plaga empupa en el suelo, paredes de los almacenes, costales, basura o dentro del mismo tubérculo (Barragán, 2005).

Adulto: La hembra es más grande que el macho y mide entre 10 a 13 mm de largo por 3.4 mm de ancho, oviposita en la base del tallo o sobre los tubérculos en almacenamiento de 100 a 150 huevos, es de color marrón claro, en el primer par de alas presenta tres manchas (o estigmas) y líneas longitudinales marrón brillante. El macho mide 9.7 mm de largo por 2.9 mm de ancho, distinguiéndose de la hembra por tener el abdomen menos globoso que éstas, es de color marrón oscuro y tiene dos manchas (o estigmas) en el primer par de alas y líneas longitudinales poco visibles, sin embargo, ambos sexos, en las alas tienen una forma de "capa" con flecos (Acevedo et al., 2017).

2.4 MANEJO INTEGRADO DE LA POLILLA

El control de la polilla de la papa se efectúa en base al control químico, cultural, biológico y etológico, los cuales se describen a continuación.

2.4.1 Control químico

Es la medida más utilizada por los agricultores para contrarrestar el ataque del complejo de polillas de la papa. A pesar de que los insecticidas químicos tienen un porcentaje promedio de control del 50%, los papicultores han recurrido al uso indiscriminado de insecticidas químicos de ingrediente activo como: metamidofos, carbofuran, profenofos, clorpirifos, acefato, metomilo, entre otros; considerados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como los insecticidas de alta toxicidad para la salud humana, principalmente los dos primeros (Soria *et al.*, 2008). En la provincia del Carchi, más de un 70% de los productores realizan la desinfección de la semilla de papa con productos químicos como el Curacron (Profenofos), Furadan (Carbofuran) y Lorsban (Clorpirifos) ya sea mediante fumigación o inmersión (Lucero, 2017).

2.4.2 Control cultural

Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPM) mencionan que para el manejo adecuado de la plaga se debe tomar en cuenta lo siguiente: profundidad de siembra, programas de irrigación adecuada, para prevenir la entrada de las polillas y larvas, en la cosecha se debe remover los tubérculos y llevarlos fuera del lote de producción e inmediatamente destruir los residuos vegetales de la cosecha, realizar rotación de cultivos para reducir los niveles de infestación y el control físico con barreras repelentes, además, en el aporque se debe tapar el cuello de la planta de papa, evitando dejar un hueco en su base, para evitar que las larvas de la polilla entren al tubérculo (Castro y Contreras, 2011).

2.4.3 Control biológico

Para el control biológico de *T. solanivora*, se han estudiado algunos organismos entomopatógenos como bacterias, hongos y virus, que atacan a la polilla de la papa. Dentro de los virus, se destacan el virus PhopGVC que pertenece a la familia de los baculovirus, y el virus Anchilibí. Además, para el control de *P. operculella* se han usado *Bacillus thuringiensis* Berliner (BT), parasitoides, virus de la granulosis (granulovirus de *P. operculella*) y el uso de un hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Zeddani et al., 2003; Mamani, 2008).

2.4.4 Control etológico

Este método aprovecha ciertas características de comportamiento de la plaga para diseñar estrategias de control y se determina mediante el uso de sustancias químicas, en donde principalmente se hace uso de feromonas sexuales en trampas para; monitoreo, detectar las infestaciones de plagas de manera controlada, mejorar la eficiencia de los plaguicidas convencionales y la eliminación de la plaga sin plaguicida (Calderón et al., 2002).

2.4.4.1 Trampas con feromonas

Contiene sustancias adherentes (sintéticas) las cuales provocan una respuesta de atracción hacia los insectos, son específicas para cada especie y bajo condiciones de campo y almacén las feromonas pueden permanecer efectivas entre 6 meses a un poco más de un año dependiendo del manejo o mantenimiento que se le dé, y para elaborar este tipo de trampas se puede utilizar galones o botellas plásticas vacías con dos huecos (ventanas) a los costados, en la parte de abajo se coloca agua con jabón, y en la parte superior se suspende el corcho de la feromona específica para cada especie de polilla para atraer y capturar polillas adultos machos (Figura 8) (Vera et al., 2009).

Figura 8

Trampa con feromona para el control de polilla

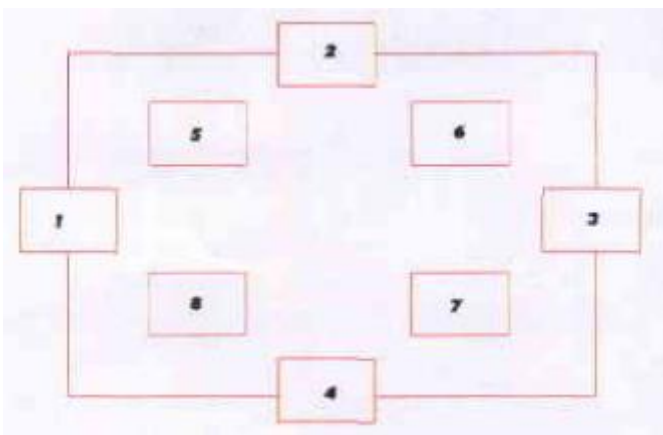


Fuente: Vera et al. (2009).

Las trampas se colocan alrededor del lote. Inicialmente se colocan cuatro trampas por cada lote cultivado. Si el número promedio de machos capturados semanalmente es superior a cincuenta, se duplica su número (ocho trampas) (Figura 9). Si el número promedio de machos capturados sigue siendo superior a cincuenta, se incrementa el número de trampas hasta llegar a un máximo de dieciséis. Las primeras cuatro trampas se colocan en los bordes del cultivo, y las restantes se distribuyen hacia el interior, guardando una distancia mínima de 35 a 50 metros entre una y otra (ICA, CORPOICA, MINAGRICULTURA y FEDEPAPA, 1997; ICA, 2011).

Figura 9

Esquema del número total de trampas por lote



Fuente: ICA, CORPOICA, MINAGRICULTURA, y FEDEPAPA (1997).

2.4.4.2 Feromona sexual

Es una sustancia química volátil que la hembra produce en cantidades íntimas, con el propósito de atraer al macho, su olor característico motiva al macho a buscar a la hembra, modificando su actividad sexual al desviarlo para impedir la cópula (Egúsquiza y Catalán 2011).

Guachalla (2011) menciona que, la feromona es específica para cada especie de polilla, no tiene efectos nocivos contra los controladores biológicos, no es tóxica para las plantas, personas u otros animales. En MIP es empleada para detección y seguimiento de la plaga, para control directo de la plaga mediante la atracción de la plaga hacia las trampas (trameo masivo) y para control indirecto de la plaga mediante la interrupción de la cópula (apareamiento).

Según Guachalla (2011), los componentes de las feromonas sexuales para cada especie de palomilla son:

- *Phthorimaea operculella* – Componente 1: Trans-4, cis-7 tridecadien-1-ol-acetato, denominado PTM1. Componente 2: Trans-4, cis-7 10-tridecatrien-1-ol-acetato, denominado PTM2.
- *Tecia solanivora* – acetato 3-Dodecenil (Isómero E3-12AC 98% y Z3-12-AC 2%)
- *Symmestrichema tangolias* – 2:1 mezcla de (E, Z)-3,7-tetradecadien-1-ol acetato y (E)-3-tetradecen-1-ol acetato.

2.4.4.2 Tipo de Trampas

Trampa tipo galonera: Es diseñada para la captura de grandes poblaciones de polilla y sirve como método de monitoreo y control. Consta de tres partes: un cuerpo o galonera (galonera cortada a ambos lados del asa) que es un recipiente de plástico; solución de jabón o detergente que tiende a romper la tensión superficial y ahogar al insecto; y la feromona específica para cada especie de polilla de la papa que atrae a los adultos macho (Kroschel et al., 2012).

El insecto entra a la cámara de la galonera a través de las aberturas (ventanas) de la trampa, mediante la atracción del dispensador de feromona que se encuentra atado y colgado con un alambre en la parte interior media de la cámara, y las palomillas que ingresan revolotean en la parte interior de la galonera y al llegar a la solución jabonosa caen y se mojan, permitiendo el hundimiento y ahogo de la polilla, lo cual ocasiona el deterioro de los especímenes capturados, por lo que esta solución debe ser cambiado cada quince días o cuando este sucia, y periódicamente se debe limpiar el interior y los alrededores de la trampa (Servicio Nacional de Sanidad Agraria [SENASA], 2000).

Trampa tipo delta: Es utilizada como estrategia de monitoreo, prevención y control, especialmente de las polillas pequeñas como la *Tecia solanivora*. Consta de un cuerpo tipo delta plástico que sirve de soporte de la feromona sexual y la base pegante (dispositivo de captura) que es un cartón untado con una goma insípida, incolora e inodora que tiene como ingrediente al poliisobutileno; y que sirve para atrapar a los insectos que llegan a tocarlo,

esta base tiene un promedio de vida útil de dos meses, tiempo en el que debe permanecer en lo menor posible libre de polvo, paja y telarañas para su correcto funcionamiento. Al ingresar la palomilla a la trampa esta revolotea cerca de la feromona en el interior de la trampa quedando pegada en la base y permanece capturada hasta la evaluación (SENASA, 2000).

2.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

2.5.1 Costo de producción

Los costos de producción son gastos directos e indirectos obligatorios para sostener un proceso productivo, donde la diferencia entre el ingreso por producción vendida y el costo de producción determina el beneficio bruto para el productor (MAG, 2021).

Según Basantes et al. (2020), los costos de producción de papa oscilan entre los 3 562.68 a 5 584.53 USD/ha, de los cuales el 81.80% corresponde a los costos directos como son: mano de obra, insumos (semilla, fertilizantes, agroquímicos), y el 18.20% corresponde a costos indirectos (transporte, arriendo del terreno, etc.), teniendo en cuenta que los costos de insumos pueden variar de acuerdo con el precio en el mercado.

2.5.2 Costos que varían

Según Harrington (1982) son costos diferentes a los demás costos correspondientes a un sistema productivo, mismos que varían de un tratamiento a otro.

En este estudio los costos que varían son las trampas con feromonas sexuales específicas para cada especie de polilla, mismo que según N. Panchi (comunicación personal, 10 de octubre, 2021) cada cápsula de feromona para la especie *S. tangolias* tiene un costo de 4 USD, para *T. solanivora* y *P. operculella* es de 2.01 USD, a este costo se le suma el costo de mano de obra para la construcción, instalación, mantenimiento y limpieza de trampas y el monitoreo quincenal.

2.5.3 Relación Beneficio-Costo

Bravo (2011) manifiesta que mediante el indicador relación Beneficio-Costo (B/C) se puede identificar si hay pérdidas o ganancias en un sistema productivo, para lo cual se divide el ingreso total de producción entre el costo total de producción y para su análisis de toma en cuenta lo siguiente:

- $B/C > 1$: Ganancias
- $B/C = 1$: No hay ni pérdidas ni ganancias
- $B/C < 1$: Pérdidas

El ingreso total de producción se obtiene a través de la producción vendida y según el Banco Central del Ecuador (2022) entre octubre a diciembre de 2021 el precio de la papa presentó un alza, con un valor de 21.4 USD el quintal de categoría primera.

2.6 MARCO LEGAL

La presente investigación se rige en los artículos y leyes del estado ecuatoriano, por ejemplo, en la Constitución de la República del Ecuador 2008 (12 de marzo, 2020) Art. 13 menciona que “Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria”. Asimismo, en el Art.15 hace énfasis que “El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. (...) Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación (...) de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos (...) perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria (...)” .

El Proyecto Código Orgánico de Soberanía Alimentaria, en el “Art. 2.- Objetivos.- La presente normativa, tiene como objetivo garantizar el ejercicio de los derechos del Buen Vivir de las personas, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades, afroecuatorianos, montubios, agricultores, ganaderos, organizaciones campesinas y sociedad en general” en uno de sus apartados hace referencia a; “Garantizar una agricultura amigable con el medio ambiente y preservación del ecosistema” (Asamblea Nacional del Ecuador, 2012).

Según la Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria (2019, 29 de noviembre), tiene por objeto regular la sanidad agropecuaria, mediante la aplicación de medidas para prevenir el ingreso, diseminación y establecimiento de plagas (...) por lo que en el Art. 18., da a conocer el objeto de las medidas sanitarias que es; “prevenir, confinar, excluir, combatir o erradicar las plagas, enfermedades y contaminantes que pongan en riesgo la sanidad agropecuaria e inocuidad de los alimentos en la producción primaria”, gestionando el cumplimiento obligatorio mediante el Art. 19 “para la aplicación de medidas sanitarias, las cuales tengan como finalidad el control, prevención, erradicación de una plaga (...) serán de obligatorio cumplimiento por parte de los propietarios, arrendatarios o posesionarios, de plantas, productos vegetales (...)”

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

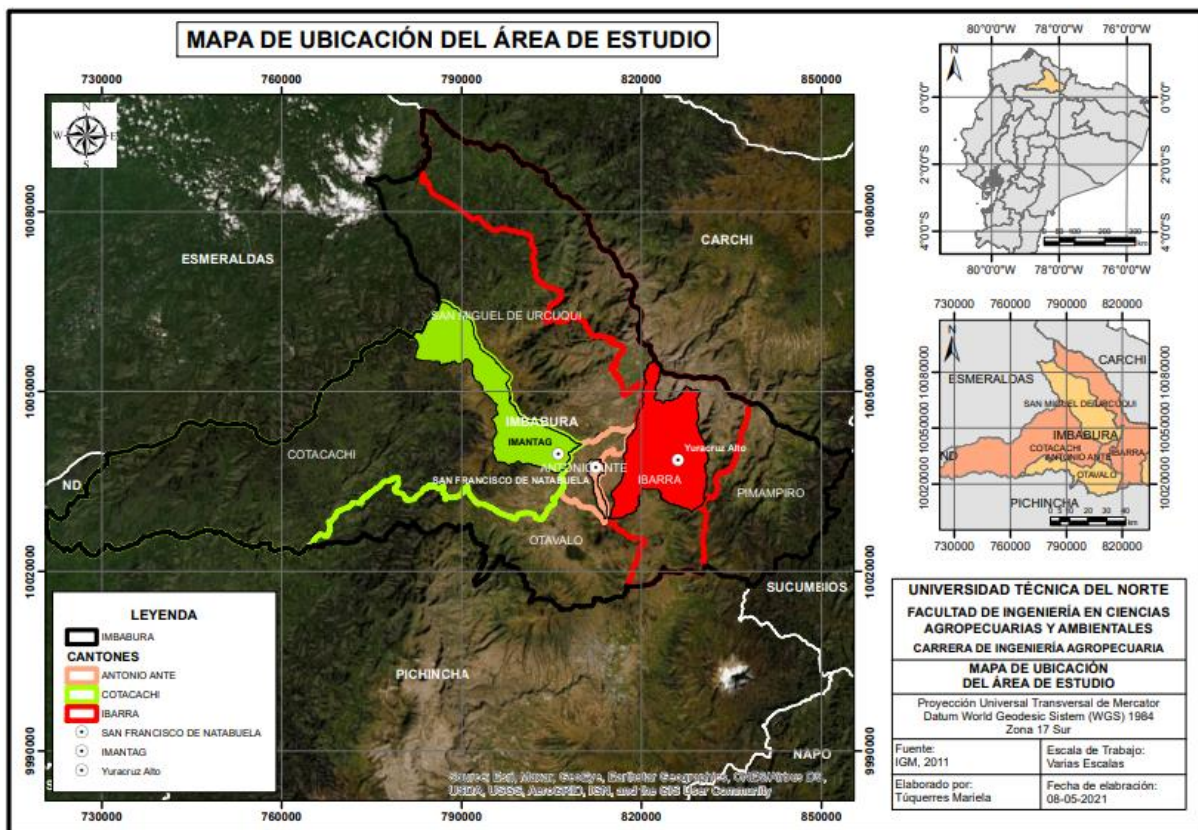
3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación geográfica

El área de estudio se localizó al norte del Ecuador en la provincia de Imbabura, en los cantones Ibarra, Antonio Ante y Cotacachi, parroquias El Sagrario-Yuracruz Alto (3235 msnm; 0° 20' 50.9" N y 78° 04' 03.2" O), San Francisco de Natabuela-Los Óvalos Alto (2853 msnm; 0° 17' 36.9" N y 78° 11' 26.0" O) e Imantag (2418 msnm; 0° 21' 21.2" N y 78° 14' 44.0" O) entre mayo y octubre de 2021 (Figura 10).

Figura 10

Mapa de ubicación del área de estudio



3.2 MATERIALES

Para la implementación de la investigación en campo se utilizó los siguientes materiales, equipos, insumos y herramientas descritos en la Tabla 2.

Tabla 2*Materiales que se utilizaron en la investigación*

Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas
Libreta de campo	Computador	Cultivo de papa	Pinza
Botellas de plástico de 5 litros	Cámara digital		Colador
Balde de plástico de 4 litros	Balanza de único platillo marca Vikingo		Viales de 5 ml
Alambre	Estereoscopio	Motic	Feromona sexual
Estacas de madera	SMZ-161		Malla anti-insectos
Detergente en polvo			
Alcohol al 70%			
Franela			
Cajas de cartón			

3.3 MÉTODOS

La presente investigación es experimental, donde se evaluó la dinámica poblacional de la polilla mediante el uso de trampas con feromonas específicas para cada especie de polilla *T. solanivora*, *P. operculella* y *S. tangolias* en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), en tres localidades de Imbabura (Ibarra, Antonio Ante y Cotacachi).

3.3.1 Factor en estudio

En esta investigación se evaluó un factor con 3 niveles según el número de ubicación de trampas con feromonas específicas para cada especie de polilla *T. solanivora*, *P. operculella* y *S. tangolias*.

- Factor: Distribución de trampas con feromonas

Nivel 1: Manejo convencional (Sin trampas).

Nivel 2: Una trampa para cada una de las especies de polilla (*Tecia solanivora*, *Symmestrichema tangolias* y *Phthorimaea operculella*).

Nivel 3: Incremento de trampas con feromona por especie de polilla (*Tecia solanivora*, *Symmestrichema tangolias* y *Phthorimaea operculella*).

3.3.2 Diseño experimental

El diseño experimental que se empleó para la elaboración del ensayo fue el Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA), que constó de un factor, tres niveles y tres bloques que fueron las diferentes localidades (Ibarra, Antonio Ante y Cotacachi), con un total de nueve unidades experimentales (Tabla 3).

Los bloques fueron en diferente lugar, donde cada unidad experimental tuvo diferente área, puesto que el productor de cada localidad no contaba con 3 lotes con la misma área que se

encuentren distantes entre un lote a otro, esto para evitar confusión en la plaga y así poder probar las trampas con feromona sexual como un método de control para la polilla.

Tabla 3

Niveles considerados en la investigación

Unidad experimental	Descripción
B1N1	Manejo convencional en Ibarra
B2N1	Manejo convencional en Antonio Ante
B3N1	Manejo convencional en Cotacachi
B1N2	Una trampa con feromona en Ibarra
B2N2	Una trampa con feromona en Antonio Ante
B3N2	Una trampa con feromona en Cotacachi
B1N3	Incremento de trampas con feromona en Ibarra
B2N3	Incremento de trampas con feromona en Antonio Ante
B3N3	Incremento de trampas con feromona en Cotacachi

3.3.4 Características del experimento.

Las características del experimento fueron las siguientes:

- Niveles en estudio: 3
- Bloques: 3
- Número de unidades experimentales: 9

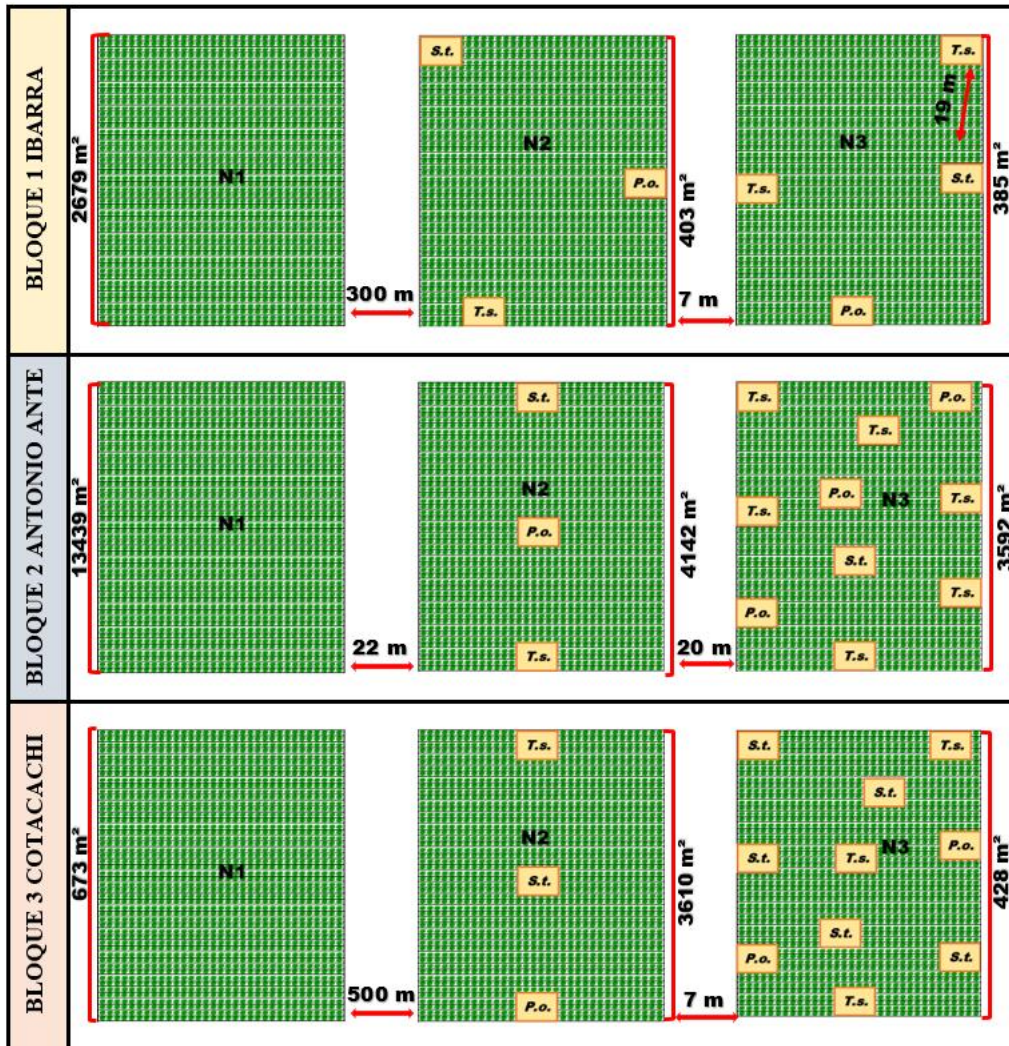
- **Características de la unidad experimental**

El Nivel 3 (N3) solo al inicio (a la siembra) constó de una trampa con feromona específica para cada especie de polilla con un total de 3 trampas con feromonas y a medida que en el monitoreo quincenal la captura sobrepasó de 50 polillas/trampa en el 50% de trampas instaladas se incrementó el número de trampas de la especie de polilla que más predominó en cada bloque (localidades).

Además, en esta investigación cada unidad experimental tuvo diferente área, puesto que para su desarrollo se centró en que las unidades experimentales se encuentren distantes unas de otras para evitar confusión de la plaga (Figura 11). La distancia entre trampas fue de 5 a 8 m para diferente especie (Ts-Po) y entre 10 a 15 m para la misma especie (Ts-Ts), esto en base al área del lote. No obstante, en las nueve unidades experimentales las especificaciones para la siembra fueron las mismas: distancia entre surco de 1 m y distancia entre planta de 0.60 m.

Figura 11

Diseño experimental de la investigación



3.3.5 Análisis estadístico

El análisis de datos se realizó a través de los análisis estadísticos de varianza (ADEVA) con prueba de medias LSD Fisher ($\alpha = 0.05$) para las variables: dinámica poblacional (número de adultos macho), número de trampas, incidencia de daño del tubérculo, rendimiento (kg/ha), número de polillas en tubérculos de papa en postcosecha y ciclo de vida de la polilla (Tabla 4) cuando se cumplen los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Se utilizó las pruebas de Kruskal Wallis si los datos no cumplen con los supuestos. El análisis se realizó mediante el programa estadístico InfoStat, versión 2020.

No obstante, para las variables: incidencia de daño del tubérculo y rendimiento (kg/ha) se utilizó la prueba de Fisher al 5%, debido a que se encontró diferencias significativas en los tratamientos, mientras que, al realizar la prueba de normalidad y homogeneidad de varianza, se determinó que los datos de cuatro variables son no paramétricos: dinámica poblacional

(número de adultos macho), número de trampas, número de polillas en tubérculos de papa en postcosecha y ciclo de vida de la polilla, por tanto, se utilizó la prueba DBCA Friedman al 5%, puesto que se encontró diferencias significativas en los tratamientos.

Tabla 4

Análisis de varianza (ADEVA) de un diseño en bloques completos al azar

Fuentes de variación	Grados de libertad
Bloques	2
Nivel	2
Error	4
Total	8

3.3.6 Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron en esta investigación fueron las siguientes:

a) Dinámica poblacional (Número de adultos macho/trampa)

Para determinar el número de adultos por trampa, se colocaron trampas en el borde del lote desde la siembra hasta la cosecha del cultivo de papa, estas contenían agua con detergente que se cambió quincenalmente luego de haber recolectado y contabilizado el insecto. Estas trampas contenían feromonas atrayentes al sentido del olfato para las polillas machos, para lograr la adherencia de los insectos adultos. Cada 15 días se recolectó y contabilizó el número de individuos capturados por trampa de cada localidad (bloque), para lo cual se utilizó un recipiente plástico (balde), un colador y una pinza (Figura 12, a y b).

En cada monitoreo, se recolectó muestras del insecto plaga en un máximo de cinco por especie en cada vial de 5 ml (frasco de plástico pequeño) con alcohol al 70% con su respectiva identificación (número de trampa, lugar o bloque y fecha de evaluación) para posteriormente enviar al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias en la estación experimental Santa Catalina en Quito para su respectiva evaluación. Para la muestra se recolectó los insectos que estaban vivos en la trampa debido a que su morfología estaba intacta y sin daños, mientras que los que estaban muertos solo fueron contabilizados y registrados y luego fueron desechados fuera del área experimental (Figura 13).

Figura 12

Monitoreo quincenal de polillas macho/trampa. a) Polillas adultos macho caídos en la trampa. b) conteo de polillas utilizando una pinza



Figura 13

Muestra de polilla tomada durante el conteo quincenal



- **Descarga de datos de Temperatura y Humedad relativa**

Se descargó los datos diarios en tiempo real de la Temperatura expresada en grados centígrados (°C) y la Humedad relativa en porcentaje (%) de cada localidad en donde se realizó la investigación (Ibarra, Antonio Ante y Cotacachi) de la página web NASA POWER desde la siembra hasta la cosecha del cultivo de papa para determinar el comportamiento de la polilla ante estos factores climáticos, puesto que la investigación no se ubicó a una misma altitud y según la literatura explicada en la página 9 del presente documento, menciona que el desarrollo y comportamiento de esta plaga depende de la Temperatura y Humedad relativa de cada zona.

Para lo cual, se ingresó las coordenadas geográficas de cada sector de los Bloques, luego se colocó el rango de fechas, se seleccionó los factores climáticos deseados: Temperatura mínima, Temperatura máxima y Humedad relativa y se seleccionó la opción descargar como archivo de Excel, seguidamente se determinó la Temperatura media, sumando la T° mínima más T° máxima dividida para dos, finalmente, se ordenó las columnas con su respectiva descripción.

b) Número de trampas

En los tres bloques o localidades el N2 constó de una trampa con feromona por especie de polilla; una trampa para *T. solanivora*, una trampa para *S. tangolias* y una trampa para *P. operculella*, con un total de 3 trampas por lote desde la siembra hasta la cosecha del cultivo de papa.

Sin embargo, el N3 inicialmente constó de tres trampas con feromona, una para cada especie de polilla (*T. solanivora*, *S. tangolias* y *P. operculella*) y se incrementó el número de trampas con feromona en base al monitoreo quincenal; si en el 50% de las trampas instaladas el número de adultos macho capturados por trampa fue mayor a 50 polillas, se incrementó una trampa de la especie de polilla que más predominó en cada localidad de los cantones Ibarra, Antonio Ante y Cotacachi que son los bloques, siendo que; las tres primeras trampas se instalaron en los bordes del lote a la siembra del cultivo de papa y las que fueron aumentadas se distribuyeron hacia el interior del lote a una distancia de 5 a 15 m entre una y otra en base al área del lote, puesto que los lotes de cada localidad fueron de diferente área (Figura 21).

Por tanto, se tuvo en todo el ensayo un total de 33 trampas con feromona; el Bloque 1 constó de 7 trampas con feromonas, tanto el Bloque 2 como el Bloque 3 constaron de 10 trampas con feromonas.

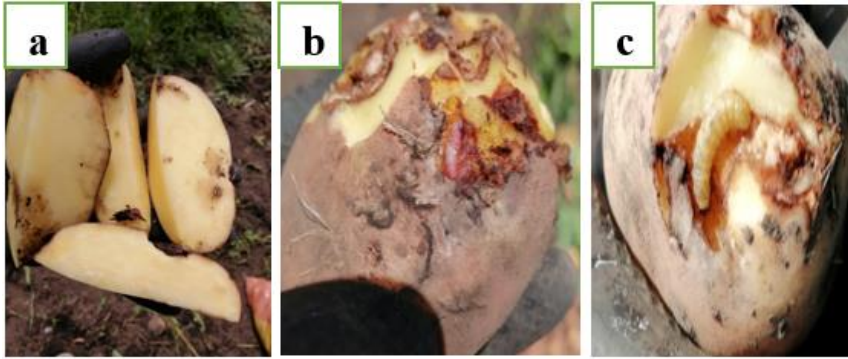
c) Incidencia de la plaga en el tubérculo (Número de tubérculos dañados)

Para evaluar la incidencia del daño en el tubérculo de papa causado por la polilla, se tomó en la cosecha una muestra al azar de 20 tubérculos de papa sin importar la categoría (primera, segunda y tercera) de todo el lote de cada tratamiento en estudio. Luego, se cortó el tubérculo en cuatro partes para identificar la presencia o ausencia del daño ocasionado por la plaga y la calidad del tubérculo, para lo cual se consideró tubérculos dañados por el complejo de polilla, aquellos que presentaron galerías superficiales y orificios de salida, para finalmente determinar el porcentaje de tubérculos afectados con relación al total, mediante el conteo del número de tubérculos dañados por la plaga en cada tratamiento (Figura 14, a, b y c). Según Ríos y Baca (2006) y Maldonado (2017), para medir la incidencia se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{\text{Número de tubérculos dañados}}{\text{Número total de tubérculos muestreados}} \times 100$$

Figura 14

Incidencia de la polilla en el tubérculo de papa. a) Corte en cuatro partes del tubérculo de papa. b) Galerías superficiales causado por la larva de T. solanivora. c) Galerías superficiales ocasionado por la larva de P. operculella



d) Rendimiento (T ha-1)

Para determinar el rendimiento del cultivo de papa, se cosechó manualmente utilizando un azadón todas las plantas de cada lote de las tres localidades Ibarra, Antonio Ante y Cotacachi, se separó los tubérculos por categoría (primera, segunda y tercera) llegando a colocar 50 kg de tubérculos de papa en cada saco para poder comercializar, luego se contabilizó los sacos que se obtuvo por cada categoría y se multiplicó el rendimiento en kg/ha por 0.001 toneladas (t) que equivale a 1 kg (Figura 15). Según Sánchez y Meza (2015), para determinar el rendimiento del cultivo de papa en kg/ha se utiliza la siguiente fórmula:

$$Rdto \left(\frac{kg}{ha} \right) = \frac{\text{Peso tubérculos por parcela (kg)}}{\text{Área de la parcela (m}^2\text{)}} \times 10000 \text{ m}^2$$

Figura 15

Quintales de tubérculos de papas que determinan el rendimiento por categoría

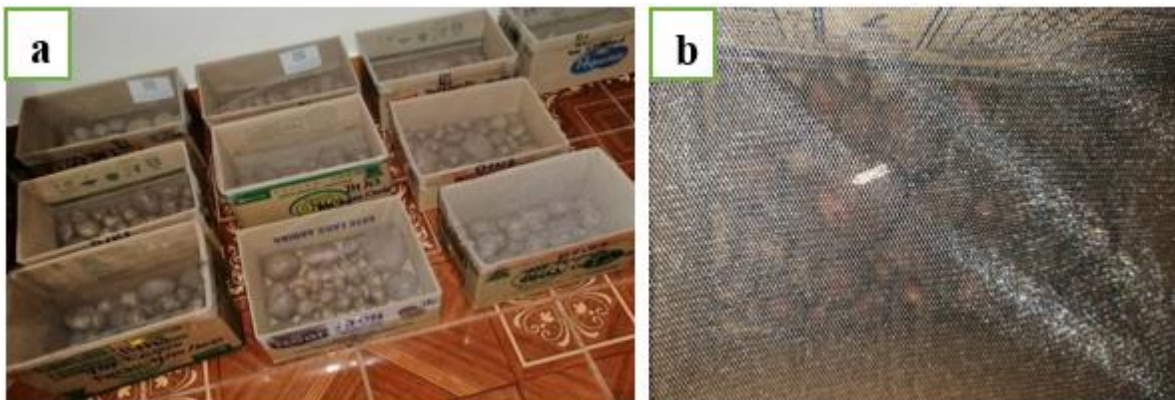


e) Presencia de la polilla en postcosecha (Número de polillas adultos)

Para determinar la presencia de la polilla en los tubérculos, se tomó en la cosecha de los Niveles de cada Bloque una muestra al azar de todo el lote, se pesó en una balanza de único platillo marca Vikingo 2.5 kg de tubérculos de papa sin importar la categoría (primera, segunda y tercera). Luego, el día que finalizó la cosecha de cada lote se colocó cada muestra de los Niveles de cada Bloque en una caja entomológica, se dejó 60 días, puesto que, según Barragán, A. (2005), menciona que en este tiempo las polillas llegan a la etapa adulta y se posan en las paredes y costales, en este caso la malla anti-insecto, momento en el que se contabilizó el número de adultos de la polilla, para lo cual, con mucho cuidado se abrió una esquina de la malla anti-insecto, se tomó un vial de 5 ml destapado y se puso sobre la polilla adulta viva, misma que revoloteó e ingresó al interior del vial, éste se retiró con cuidado y se cerró la tapa, quedando así capturada la polilla dentro del vial, siendo así cómo se determinó en qué tratamiento hubo mayor presencia de la polilla en los tubérculos de papa (Figura 16, a y b). Para la captura de cada polilla se utilizó un vial individual para poder identificar la especie.

Figura 16

Muestras de tubérculos de papa sin importar la categoría. a) Muestras de papa en cajas entomológicas. b) Polilla adulta posada en la malla anti-insecto



f) Ciclo de vida de la polilla

En la misma caja entomológica utilizada en la variable anterior que contenía una muestra de 2.5 kg de tubérculos de papa, se realizó todos los días un monitoreo durante dos meses y medio (duración del ciclo biológico de la polilla) para observar en las muestras de cada tratamiento el desarrollo de la plaga hasta obtener las primeras polillas adultas, misma que el día de su aparición fueron tomadas y colocadas en viales de 5 ml sin alcohol para poder contabilizar los días de vida, como se menciona en la variable anterior.

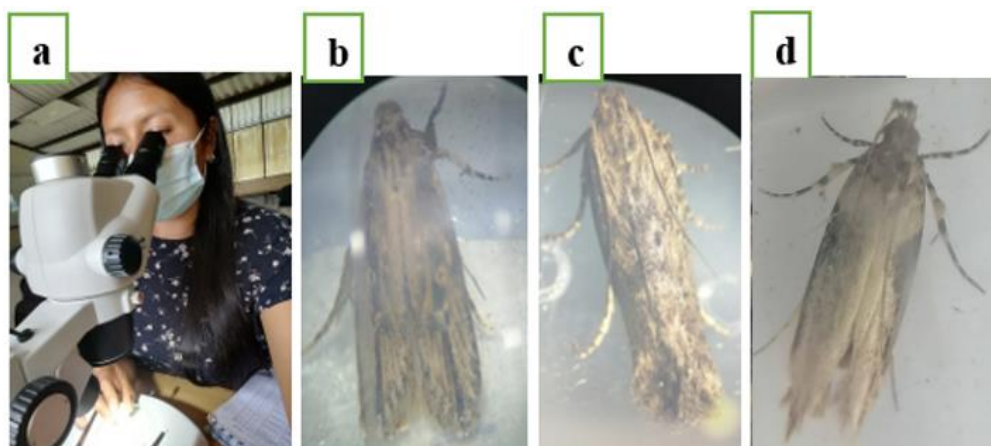
Además, con el uso del estereoscopio Motic SMZ-161, se identificó qué especie fue cada polilla capturada en la caja entomológica (Figura 17, a), para lo cual, se tomó en cuenta las

características de cada especie de polilla mencionados por diferentes autores; la especie *T. solanivora* presenta líneas longitudinales de color marrón oscuro a lo largo del primer par de alas (Acevedo et al, 2017) (Figura 17, b), la especie *P. operculella*, presenta manchas irregulares pequeñas (Castro, 2013) (Figura 17, c) y la especie *S. tangolias*, presenta en las alas anteriores una mancha de forma triangular de color marrón oscuro (Calderón et al, 2002) (Figura 17, d).

Se registró a los cuantos días después de la cosecha apareció cada polilla adulta y cuántos días de vida tuvo, momento en el que se colocó alcohol al 70% para conservarlas y enviar dicha muestra etiquetada (bloque, nivel y especie de polilla) al laboratorio del INIAP.

Figura 17

Observación de muestras de polilla tomadas en postcosecha. a) Identificación de especies de polilla a través del estereoscopio. b) Polilla adulta especie T. solanivora. c) Polilla adulta especie P. operculella. d) Polilla adulta especie S. tangolias



g) Análisis económico

Para analizar los resultados económicos de los tratamientos de investigación, se realizó a través de la relación costo/beneficio, para lo cual se registró y recopiló todos los costos que se tuvo en cada unidad experimental y se efectuó el cálculo del costo de producción del cultivo de papa desde la siembra hasta la cosecha. El beneficio se midió únicamente a través de los ingresos por producción vendida de cada unidad experimental.

3.4 MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.4.1 Instalación de trampas con feromonas

a. Selección de lotes

Junto con los representantes del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) se visitó una localidad de los cantones Ibarra, Antonio Ante y

Cotacachi y se seleccionó tres lotes pertenecientes a un agricultor de los sectores: Yuracruz Alto, Los Óvalos Alto e Imantag (Figura 18).

Figura 18

Identificación de los lotes junto con el papicultor del sector de Yuracruz Alto



b. Construcción de trampas

La construcción de las trampas se realizó utilizando botellas plásticas de agua de 5 litros, en los cuales se cortaron dos orificios (ventanas) uno a cada lado, siendo uno más grande, el cual facilita el mantenimiento y limpieza de la trampa (Figura 19, a). En el centro de la tapa se hizo un orificio con un clavo de una pulgada, calibre 14.5.

El día de la instalación, en el interior de la botella se colocó la feromona específica para cada especie de polilla, suspendida con un alambre a 16 cm desde la tapa de la botella hacia abajo, y para sujetar la feromona se realizó un gancho con el mismo alambre, tanto al final de la feromona como en la tapa de la botella (Figura 19, b). Esta feromona tiene una duración de un año según las indicaciones de fábrica, sin embargo, es recomendable cambiar cada ciclo del cultivo para mayor atracción de la plaga (Bosa et al, 2008).

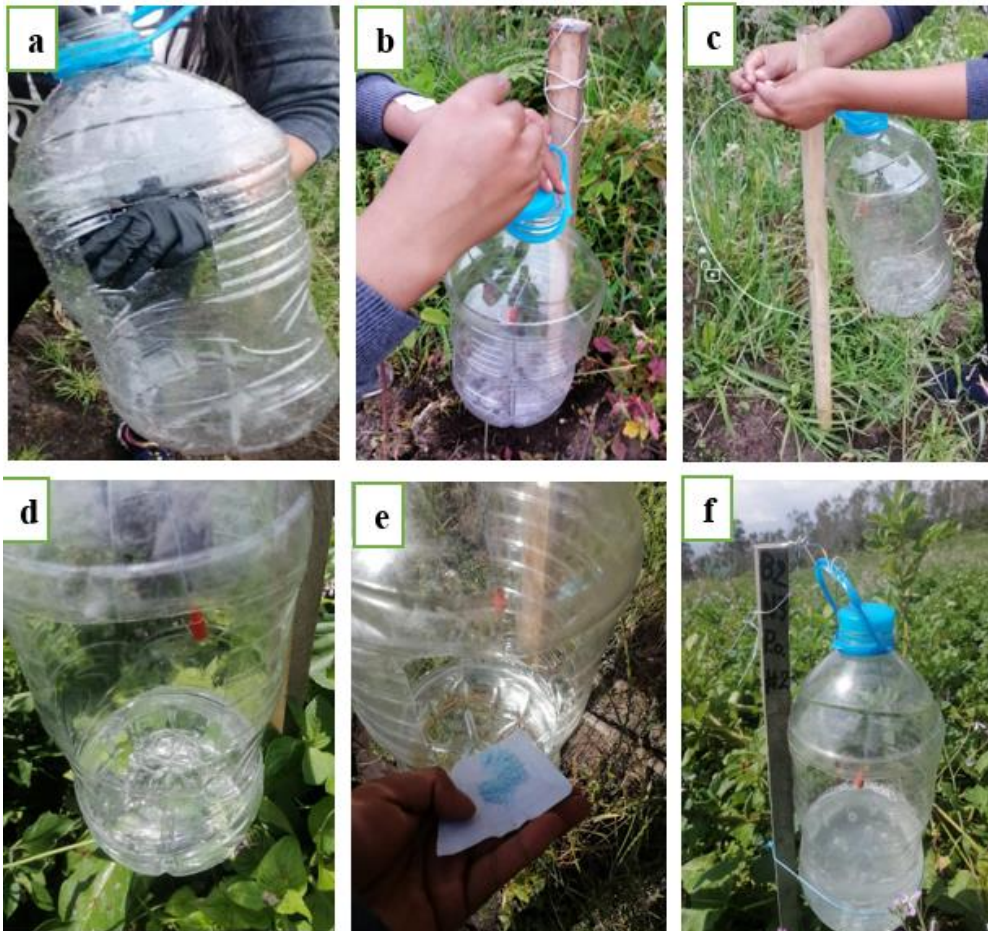
Las botellas trampa se sujetó con alambre a una estaca de madera (soporte) de 1.50 m y se sujetó en la parte basal con la ayuda de un alambre para que no se mueva por el viento o por personas ajenas al monitoreo (Figura 19, c). En la estaca, se puso el bloque, nivel, el nombre de la especie de polilla y número de trampa, para luego ser instaladas en las parcelas a una altura de aproximadamente 0.80 a 1,20 m, teniendo en cuenta que la trampa debe estar a la misma altura de las flores de la planta de papa (Figura 19, f).

Posteriormente, se colocó 10 cm de agua, en donde se colocó 8 gramos de detergente en polvo de la marca Deja (Figura 19, d y e), seguidamente se revolvió con la mano hasta tener una mezcla homogénea (Figura 19, f). El detergente se utilizó para romper la tensión superficial del agua, esto para evitar que cuando caigan las polillas no retomen su vuelo y

salgan ya estando adentro, tanto a la botella como a la estaca. Las trampas fueron colocadas el día de la siembra de la papa y permanecieron en los lotes hasta el día de la cosecha.

Figura 19

Elaboración de trampas con feromonas. a) Corte de dos ventanas en la botella plástica. b) Suspensión de la feromona en la botella trampa. c) Amarrado de la botella trampa hacia la estaca de madera. d) Colocación de agua en la botella trampa. e) Colocación de detergente en polvo. f) Mezcla homogénea del detergente en polvo y agua en la trampa instalada



c. Distribución e instalación de trampas

Las trampas con feromonas específicas para cada especie de polilla fueron instaladas en campo al borde del lote del cultivo de papas el día de la siembra, para la instalación se enterró en el suelo 0.15 m la estaca de madera de madera de 1.50 m, para esto, se golpeó la estaca con un martillo, dejando bien afirmadas en el suelo para evitar que sean tumbadas por el viento, asimismo la base de la botella trampa fue sujeta hacia la estaca con una piola para evitar que se mueva con el viento o por personas ajenas al monitoreo (Figura 20).

Cabe mencionar que, en los tres bloques el N3 inicialmente constó de tres trampas, una para cada especie de polilla de la papa *P. operculella*, *T. solanivora* y *S. tangolias*. No obstante, si en los monitoreos quincenales el 50% de las trampas instaladas, el promedio de machos capturados por trampa fue superior a 50, se aumentó el número de trampas hasta diez según sea el aumento en la población por especie de polilla, siendo que, las primeras tres trampas se colocaron en los bordes del cultivo, y las restantes que fueron aumentadas se distribuyeron hacia el interior del lote, guardando una distancia de 5 a 15 m entre una y otra (Figura 21). Mientras que, en los tres bloques, el N2 constó de una trampa con feromona para cada especie de polilla desde la siembra hasta la cosecha.

Figura 20

Trampas con feromonas instaladas en la siembra al borde del lote en Imantag, Nivel 3



Figura 21

Distribución de trampas con feromonas aumentadas en Imantag, Nivel 3



d. Monitoreo y registro de los datos

- **En campo**

Se registraron fechas de instalación de trampas y del conteo quincenal de cada palilla, para lo cual se contó el número de adultos caídos en cada trampa de cada localidad y se registró en el cuaderno de campo con el formato de la Tabla 5 y al mismo tiempo se cambió el agua jabonosa colocada en las trampas y se limpió respectivamente cada una de ellas (Figura 22, a y b). Cuando se encontró insectos polillas vivas en la trampa se colocó cinco insectos plaga en cada vial con alcohol al 70%, previamente identificado con el número de la trampa, lugar o bloque y la fecha de recolección (Figura 22, c), posteriormente se envió para su respectiva evaluación al INIAP, mientras que los que estén muertos solo se contabilizó y se registró, y luego fueron desechados fuera del área experimental (Figura 22, d). Cabe mencionar que la trampa sujeta del tope de la estaca no se desamarró para el conteo de polillas, ni para su mantenimiento.

- **Postcosecha**

Para el monitoreo en postcosecha se elaboró cajas entomológicas utilizando cajas de cartón reciclado (largo: 34 cm, ancho: 18 cm, altura: 25 cm) y tela tul de color beige. Se cortó la tela tul 3 cm más que el largo y ancho de la caja de cartón, teniendo un rectángulo de 37 cm de largo por 21 cm de ancho (Figura 23, a), luego se recortó las gualletas superiores del cartón, se colocó la muestra de 2.5 kg de tubérculos de papa de la variedad Superchola dentro de la caja de cartón (Figura 23, b), posteriormente se pegó la tela tul en la parte superior del cartón con cinta adhesiva transparente, dejando bien pegado la malla sobre la caja (Figura 23, c).

En la caja entomológica terminada se puso el bloque, nivel y la fecha en la que colocó la muestra de tubérculos de papa (Figura 23, d). A partir de esa fecha, se realizó un monitoreo diario durante dos meses y medio, tiempo en que las polillas llegaron a la etapa adulta, para lo cual, diariamente en horas de la noche (6 pm a 8 pm) y madrugada (4 am a 6 am) se revisaba la presencia de la plaga moviendo levemente la caja para identificar su presencia a través de la malla anti-insecto (tela tul), puesto que este insecto tiene comportamiento nocturno.

Al identificar la presencia de la polilla adulta, se registró la fecha en que aparecieron para calcular en cuántos días llegaron a la etapa adulta, mediante el conteo de días, desde la fecha que se puso la muestra en la caja hasta la fecha que se identificó su presencia. Luego, se abrió la malla anti-insecto en una esquina de la caja y utilizando un vial de 5 ml sin alcohol previamente rotulado (Bloque y Nivel) se capturó la polilla para luego identificar la especie y días de vida.

Figura 22

Monitoreo quincenal en campo. a) Conteo de polillas adulto macho por trampa. b) Limpieza de la trampa. c) Muestra de polillas adulto macho. d) Desecho de polillas fuera del área experimental



Figura 23

Elaboración de la caja entomológica. a) Corte de tela tul. b) Ubicación de la muestra de tubérculos de papa en la caja de cartón. c) Pegado de la tela tul en la parte superior del cartón. d) Caja entomológica rotulada



Tabla 4

Formato para registrar los datos del monitoreo del complejo de polillas

Datos del monitoreo del complejo de polillas				
Fecha de instalación:				
Bloque:			Nivel:	
Fecha de monitoreo	Número de adultos/trampa			Observaciones
	<i>Symmetrischema tangolias</i>	<i>Tecia solanivora</i>	<i>Phthorimaea operculella</i>	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

3.4.2 Manejo del Cultivo de Papa

Juntamente con el productor se implementó el cultivo de papa variedad Superchola en una localidad de los cantones Ibarra, Antonio Ante y Cotacachi, en dónde el manejo del cultivo se llevó a cabo de la siguiente forma:

- a. **Preparación del suelo:** Para la preparación del suelo primero se realizó la remoción del suelo que consistió en un pase de arado, dos de rastra, luego se realizó el surcado a una distancia de un metro con jornaleros manualmente con azadón (Figura 24).

Figura 24

Surcado para la siembra de tubérculos de papa



- b. Siembra:** La siembra se realizó con tubérculos semilla de la variedad Super Chola con brotes, luego se ubicó dentro del surco dos tubérculos semilla por sitio a una distancia de 0.60 m entre ellos y se tapó con tierra utilizando un azadón (Figura 25).

Figura 25

Siembra de tubérculos de papa variedad Super Chola



- c. Retape:** Se realizó manualmente utilizando un azadón entre los 15 a 21 días posteriores a la siembra (Figura 26, a), momento en el que se aplicaron fertilización química 10 – 30 – 10 en Yuracruz Alto y Los óvalos Alto con una mezcla con abono que contenía Magnesio y Azufre, mientras que en Imantag fertilizaron con 8 – 20 – 20, basada en N – P – K y mezclaron un abono de micronutrientes de la marca Yara (Figura 26, b).

Figura 26

Retape del cultivo de papa. a) Retape con azadón. b) Mezcla de fertilizante



- d. Control fitosanitario:** Los productores de cada localidad aplicaron insecticidas y fungicidas utilizando una bomba a motor para las principales plagas y enfermedades como es el Trips (*Frankiniella*) y tizón tardío (*Phitophthora infestans*) (Figura 27).

Figura 27

Aplicación de insecticida y fungicida en el cultivo de papa con bomba a motor



- e. Aporque:** El aporque se realizó de forma manual utilizando un azadón, dejando los surcos bien formados, el primero fue a los 75 días posteriores a la siembra, donde aplicaron fertilización química triple quince (15 – 15 – 15) compuesto por N – P – K en el sector Yuracruz Alto y Los Óvalos Alto, y el segundo aporque fue a los 100 días después de la siembra (Figura 28).

Figura 28

Aporque del cultivo de papa



- f. **Cosecha:** La cosecha del cultivo de papa se realizó manualmente utilizando un azadón, una vez que los tratamientos hayan alcanzado la madurez fisiológica (Figura 29, a). Se clasificó según la categoría (primera, segunda y tercera) en diferentes costales para finalmente comercializar (Figura 29, b), de los cuales se tomó una muestra (2.5 kg) de los niveles de cada bloque para determinar el número de polillas en tubérculos en postcosecha y observar su ciclo biológico. Además, hasta esta etapa se tomó el último dato para la variable dinámica poblacional mediante el conteo del número de polillas por trampa y se desinstaló las trampas de los lotes sacando la estaca sin desamarrar la botella trampa (Figura 30).

Figura 29

Cosecha del cultivo de papa. a) Cosecha manual utilizando azadón. b) Clasificación de tubérculos de papa por categoría



Figura 30

Desinstalación de trampas con feromonas



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en la presente investigación basado en el uso de trampas con feromona sexual para el control de las tres especies de polilla de papa (*Tecia solanivora*, *Symmetrichema tangolias* y *Phthorimaea operculella*) que se realizó en parcelas de agricultores localizados al norte del Ecuador, provincia de Imbabura, en los cantones Ibarra, Antonio Ante y Cotacachi, entre mayo y octubre de 2021. El Nivel 1 (N1) fue el lote testigo, el Nivel 2 (N2) constó de una trampa con feromona por especie de polilla desde la siembra hasta la cosecha del cultivo y el Nivel 3 (N3) constó del incremento del número de trampas cuando la captura quincenal por trampa por especie superó los 50 individuos.

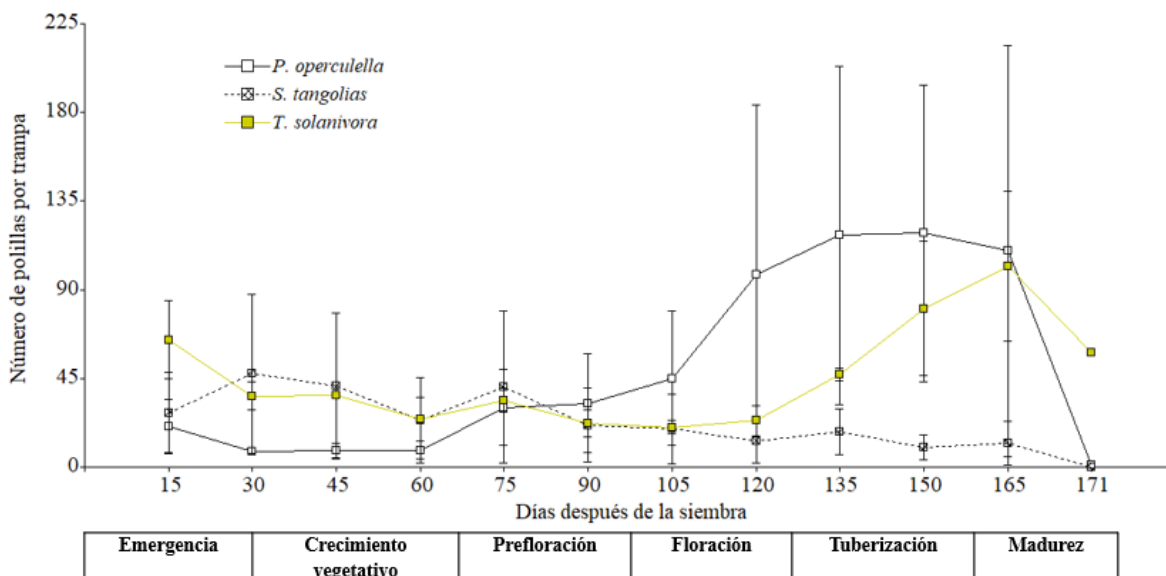
4.1 Dinámica poblacional

En dinámica poblacional se tiene el conteo del número de polillas adulto macho por trampa del Nivel 2 (N2) conformado de una trampa con feromona por especie de polilla (*Tecia solanivora*, *Symmetrichema tangolias* y *Phthorimaea operculella*) desde la siembra hasta la cosecha del cultivo de papa y del Nivel 3 (N3) conformado de más de una trampa con feromona por especie de polilla, por lo que no se tiene resultados para el Nivel 1 (N1), ya que es el lote testigo sin trampas.

El análisis estadístico a través de las pruebas DBCA Friedman para datos no paramétricos indican que si existe interacción entre días después de la siembra, nivel y especie de polilla ($p < 0.0001$).

Figura 31

Promedio del número de especie de polilla macho capturados por trampa en el nivel 2 en tres localidades de la provincia de Imbabura

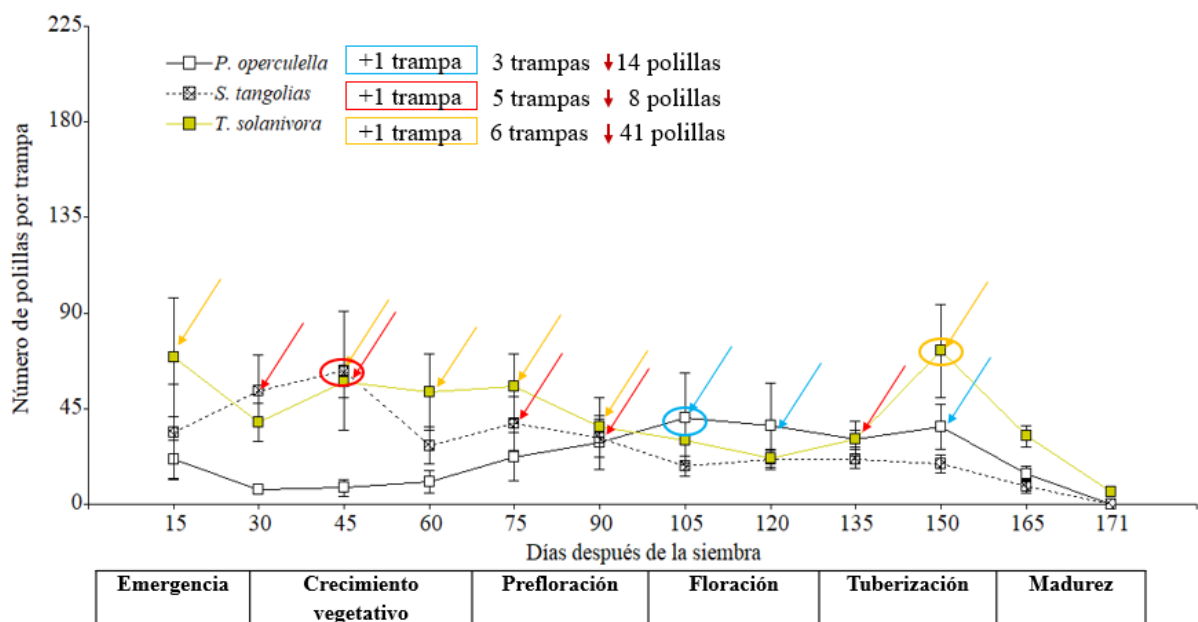


La Figura 31 muestra que en el N2 se tuvo la presencia de las tres especies de polilla durante todo el ciclo del cultivo, teniendo la captura de un número similar de individuos por especie de polilla en la etapa de emergencia hasta la prefloración del cultivo. Sin embargo, a partir de la floración la captura de *T. solanivora* incrementó en cada monitoreo teniendo 23 (135 dds), 33 (150 dds) y 22 polillas/trampa (165 dds) más, siendo este último el que presentó mayor número de polillas (102 polillas), aunque para la etapa de madurez del cultivo disminuyó en 44 individuos, pero se siguió teniendo un alto número (58 polillas) hasta la cosecha (171 dds). Mientras que, para *P. operculella* se tuvo el incremento de 20 polillas más en la etapa de floración hasta la madurez del cultivo, presentando mayor captura en la etapa de tuberización con un total de 119 polillas/trampa. No obstante, para *S. tangolias* se obtuvo mayor captura en la etapa de crecimiento vegetativo y prefloración, pero a partir de esta etapa presentó un descenso en la captura hasta la cosecha.

Mientras que, la Figura 32 muestra que en el N3 se tuvo una alta captura de las tres especies de polilla, teniendo el incremento de trampas para la especie *T. solanivora* desde la etapa de emergencia hasta la tuberización del cultivo, obteniendo un descenso en su captura hasta la etapa de tuberización, donde se incrementó otra trampa más para esta especie debido a que alcanzó el pico más alto con una captura de 72 polillas y con este aumento se generó un descenso del 44% en la captura de esta especie a la etapa de madurez, llegando a capturar en promedio 41 individuos el día de la cosecha. También, para la especie *S. tangolias* el incremento se realizó desde la etapa de emergencia hasta la prefloración del cultivo, con lo cual se obtuvo un descenso en su captura hasta el inicio de la tuberización donde se incrementó otra trampa, con el cual su captura disminuyó hasta la cosecha. Y para la especie *P. operculella* los primeros días la captura fue por debajo de 50 polillas, por lo que se incrementó una trampa en dos monitoreos realizados en la etapa de floración y a los 150 dds por la captura de un promedio de 52 polillas/ trampa y a partir de esta etapa se dio un descenso con captura de 14 individuos a la cosecha (171 dds).

Figura 32

Promedio del número de especie de polilla macho capturados por trampa en el nivel 3 en tres localidades de la provincia Imbabura



Comparando los resultados obtenidos; en el tratamiento N2, donde se utilizó una trampa por especie: *T. solanivora* y *P. operculella* presentaron un incremento en la captura, de 20 en la siembra a 109 en la etapa de maduración y de 64 a 102, respectivamente; a diferencia de *S. tangolias* que se redujo de 27 a 12 individuos. Por el contrario, en el tratamiento N3, en donde se utilizaron en promedio seis trampas para *T. solanivora*, cinco para *S. tangolias* y tres para *P. operculella*, las capturas se redujeron de 21 a 14 en la primera especie, para la segunda de 34 a 8 polillas y para *T. solanivora* que presentó mayor población, disminuyó de 69 a 41 en la etapa de madurez.

A partir de los resultados encontrados, se observa que el comportamiento de las especies de polilla varían en las diferentes etapas del cultivo de papa; Torres (1998) resalta que los niveles poblacionales de polilla es alta al inicio del cultivo (emergencia) por polillas atraídas de campos cercanos, residuos de cosecha y semilla infestada, pero con la aplicación de insecticidas para controlar otras plagas decrece la población temporalmente, luego comienza a incrementarse coincidiendo con la tuberización, puesto que en esta etapa del cultivo inicia la infestación de larvas y va incrementando conforme aumenta el peso fresco del tubérculo, manteniéndose alta hasta semanas antes de la cosecha.

Además, Estay et al. (2008) menciona que la plaga está presente todo el año, pero prolifera en época de verano. Por lo que, a partir de los 30 dds hasta los 150 dds se presentó el incremento de la población de polillas, puesto que en Ecuador la época de verano es entre junio y septiembre, confirmando esto con lo que Larraín et al. (2009) encontró en un estudio realizado en Chile, donde capturó 1 300 polillas macho/trampa por día en época de verano.

Sumado a esto, Larraín (2001) manifiesta que el aporque provoca el incremento de la población de polillas, ya que al remover el suelo los adultos salen con mayor facilidad al exterior para seguir poniendo huevos en el suelo a la base del cuello del tallo, además facilita el ingreso de las larvas recién eclosionadas hacia los tubérculos. Esto se evidenció después de los 100 dds, donde se realizó el segundo aporque, donde la captura de *P. operculella* y *S. tangolias* incrementó. Por lo que, Herrera (1997) recomienda realizar control químico dirigido a la base del tallo y al suelo (zona de aporque) con efecto ovicida, larvicida e insecticida a partir del segundo aporque (floración) cuando la población de la plaga supere las 50 polillas/trampa.

4.1.1 Temperatura y precipitación por localidad

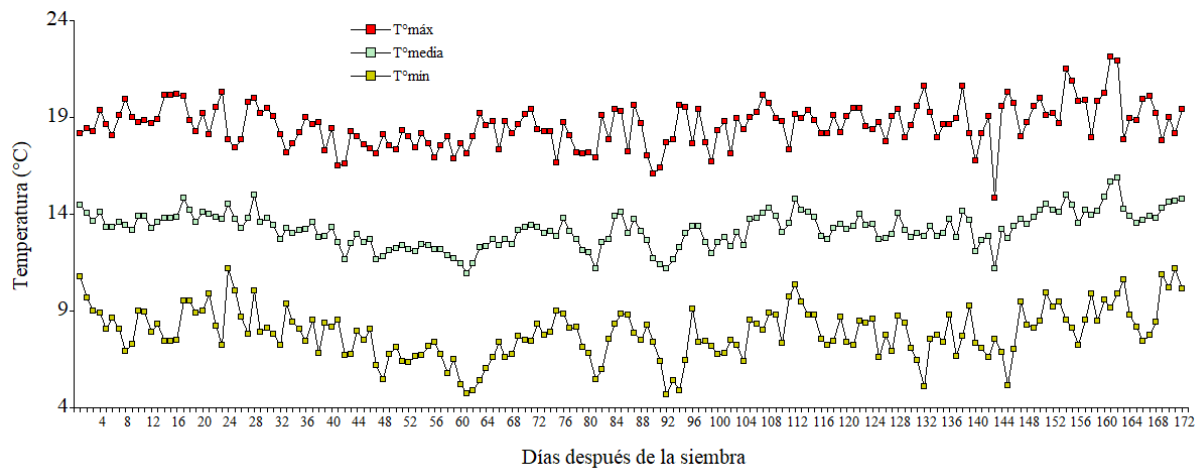
- **Localidad Yuracruz Alto**

En Yuracruz Alto las temperaturas máximas diarias fueron en la etapa de emergencia, floración, tuberización y madurez a los 23, 132, 154, 161 y 162 dds con 20.28, 20.61, 21.49, 22.13 y 21.90 °C, respectivamente, teniendo un incremento en la captura de la plaga. Mientras que, las temperaturas mínimas diarias estuvieron bajo los 10 °C, registrados en la etapa de crecimiento vegetativo, prefloración, floración y tuberización, a los 48, 61, 62, 81, 92, 94, 132 y 145 dds con 5.46, 4.73, 4.87, 5.48, 4.69, 4.90, 5.07 y 5.15 °C, respectivamente, teniendo una reducción en la captura de la plaga, ya que se encuentra bajo el umbral de desarrollo de la polilla (Figura 33). Wilches et al. (2022) en un estudio realizado en Colombia identificó que la fluctuación poblacional y actividad de vuelo de adultos de *Tecia solanivora* incrementa a una temperatura máxima de 20 a 23 °C, asimismo Vera et al. (2009) menciona que la actividad de vuelo, apareamiento y ovipostura del adulto de *Symmetrichema tangolias* y *Phthorimaea operculella* es crepuscular y nocturna siendo evidente en campo a una temperatura de 16 °C e incrementa su población entre los 20 a 25 °C. Además, las

temperaturas son favorables para el desarrollo del cultivo, ya que según Zuñiga et al. (2017) es de 10 a 23 °C.

Figura 33

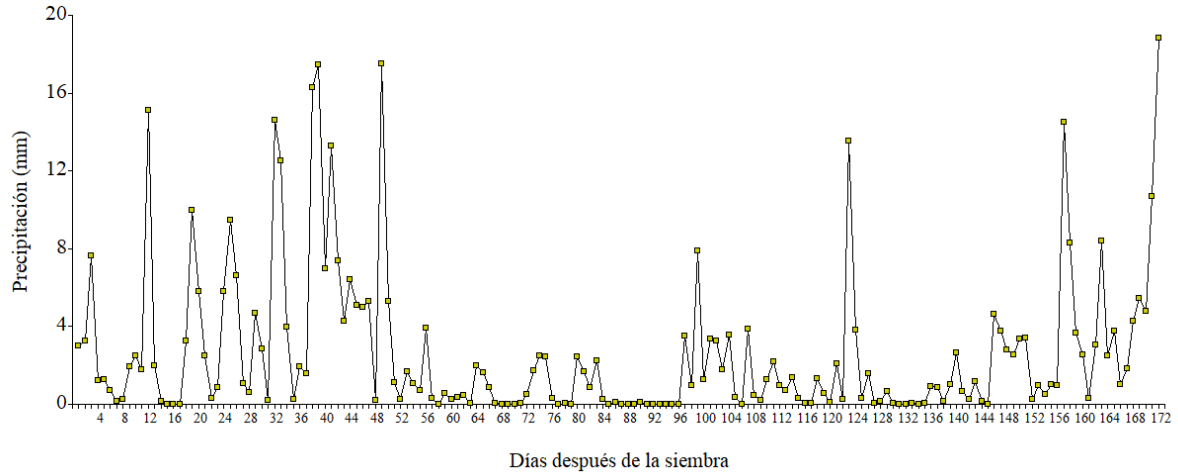
Fluctuación de la temperatura a lo largo del ciclo del cultivo de papa en la localidad Yuracruz Alto



Los datos máximos de precipitación fueron en la etapa de emergencia, crecimiento vegetativo, floración, tuberización y madurez a los 12, 32, 39, 49, 123, 157, 171 dds con 15.10, 14.61, 17.46, 17.52, 13.53, 14.49, 10.67 mm, respectivamente. Mientras que, la precipitación mínima fue entre 14 y 17 dds (emergencia) con 0.15 y 0.00 mm, también en la etapa de prefloración a los 67 y 71 dds con 0.04 y 0.06 mm, a los 77 y 79 dds con 0.00 y 0.01 mm, y entre 85 a 96 dds con 0.02 y 0.00 mm, asimismo en la etapa de tuberización a los 130 a 135 dds con valores de 0.06 y 0.00 mm (Figura 34). Este factor climático no influyó en la dinámica poblacional de las tres especies de polilla, ya que a pesar de que, en la etapa de emergencia, final de la tuberización e inicios de madurez se tuvo una lluvia moderada en promedio la captura fue alta 72 polillas/trampa en N2 y 64 individuos/trampa en N3.

Figura 34

Fluctuación de la precipitación a lo largo del ciclo del cultivo de papa en la localidad Yuracruz Alto

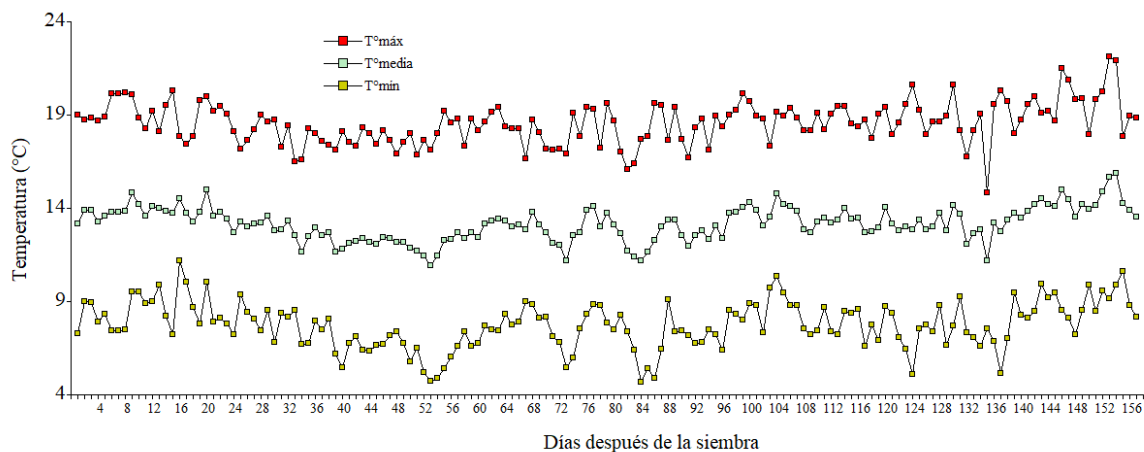


- **Localidad Los Óvalos Alto**

En Los Óvalos Alto las temperaturas máximas diarias fueron en la etapa de emergencia, floración y tuberización a los 8, 15, 99, 124, 130, 137, 146, 153 y 154 dds con 20.18, 20.28, 20.12, 20.61, 20.64, 20.30, 21.49, 22.13 y 21.90 °C, respectivamente. Teniendo en estas etapas el incremento de las tres especies de polilla. Mientras que, las temperaturas mínimas diarias estuvieron bajo los 10 °C, registrados en la etapa de crecimiento vegetativo, prefloración, floración y tuberización, a los 40, 53, 73, 84, 86, 124 y 137 dds con 5.46, 4.73, 5.48, 4.69, 4.90, 5.07 y 5.16 °C, respectivamente, donde la dinámica poblacional *P. operculella* disminuyó en un 5% a los 40 y 53 dds, sin embargo *T. solanivora* se mantuvo en una captura alta (Figura 35).

Figura 35

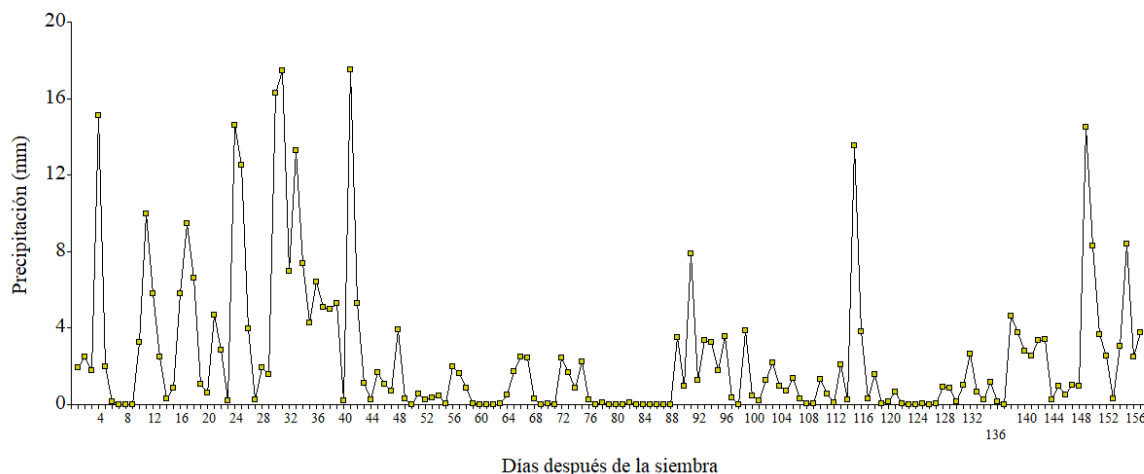
Fluctuación de la temperatura a lo largo del ciclo del cultivo de papa en la localidad Los Óvalos Alto



Los datos máximos de precipitación fueron en la etapa de emergencia, floración y tuberización a los 4, 24, 31, 41, 115 y 149 dds con 15.10, 14.61, 17.46, 17.52, 13.53 y 14.49 mm, respectivamente. Mientras que, la precipitación mínima fue entre 7 y 9 dds (emergencia) con 0.01 y 0.00 mm, entre los 59 a 63 dds (crecimiento vegetativo) con 0.04 y 0.06 mm, también en la etapa de prefloración entre los 69 y 71 dds con 0.00 y 0.01 mm, a los 79 a 88 dds con 0.01 y 0.00 mm, y en floración a los 108 y 109 dds con 0.05 y 0.06 mm y entre los 122 a 127 dds con 0.06 y 0.00 mm (Figura 36). A pesar de que se tuvo lluvia moderada en la etapa de emergencia la dinámica poblacional de *S. tangolias* y *T. solanivora*, fue mayor a 65 individuos/trampa, indicando que este factor climático no afecta la proliferación de la plaga.

Figura 36

Fluctuación de la precipitación a lo largo del ciclo del cultivo de papa en la localidad Los Óvalos Alto

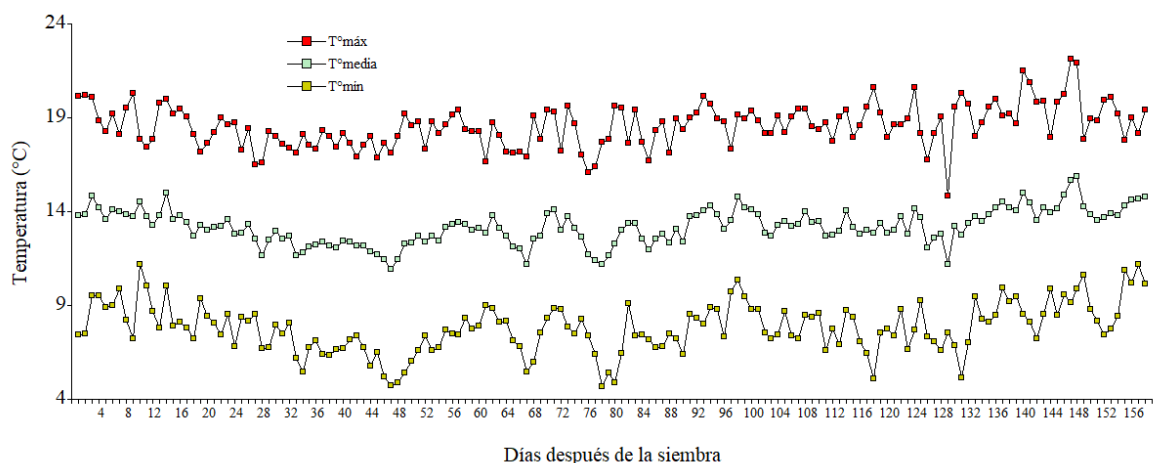


- **Localidad Imantag**

En Imantag las temperaturas máximas diarias fueron en la etapa de emergencia, prefloración, floración y tuberización a los 2, 9, 93, 118, 124, 131, 140, 147 y 153 dds con 20.18, 20.28, 20.12, 20.61, 20.64, 20.30, 21.49, 22.13 y 20.09 °C, respectivamente. En estas etapas, se obtuvo el incremento en la captura en N2, donde *S. tangolias* y *T. solanivora* sobrepasaron de 100 individuos/trampa, y en N3 *T. solanivora* fue de 42 individuos. Mientras que, las temperaturas mínimas diarias estuvieron bajo los 10 °C, registrados en la etapa de emergencia, crecimiento vegetativo, prefloración y floración, a los 34, 47, 48, 67, 78, 80, 118 y 131 dds con 5.46, 4.73, 4.87, 5.48, 4.69, 4.90, 5.07 y 5.16 °C, respectivamente, teniendo reducción en la captura de la plaga, ya que temperaturas menores a 10 °C reduce su actividad de vuelo (Figura 37).

Figura 37

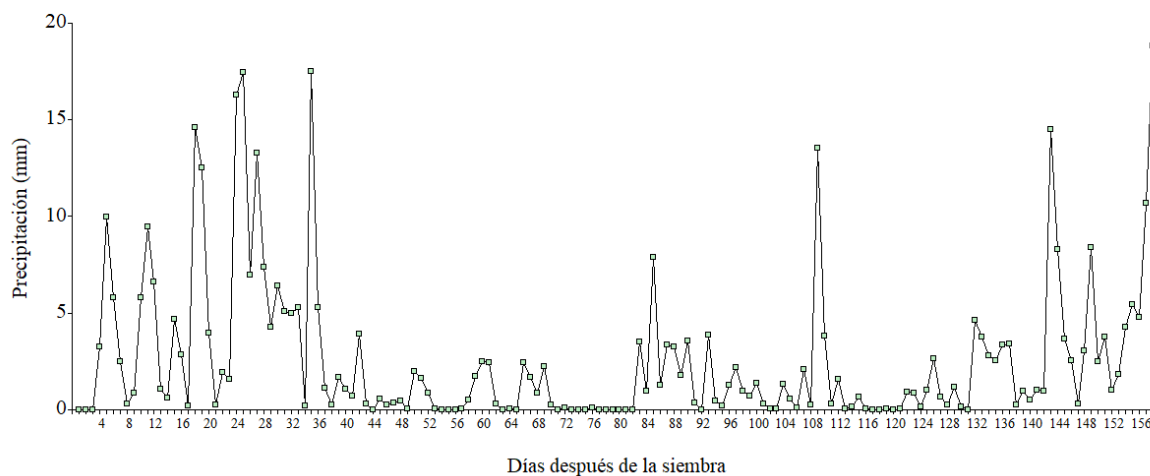
Fluctuación de la temperatura a lo largo del ciclo del cultivo de papa en la localidad Imantag



Los datos máximos de precipitación fueron en la etapa de emergencia, floración, tuberización a los 18, 25, 35, 109, 143 y 158 dds con 14.61, 17.46, 17.52, 13.53, 14.49 y 18.84 mm, respectivamente. Mientras que, la precipitación mínima fue entre 1 a 3 dds (emergencia) con 0.01 y 0.00 mm, en la etapa de crecimiento vegetativo entre los 53 a 57 dds con 0.04 y 0.06 mm y 63 a 65 dds con 0.00 y 0.01 mm, también en la etapa de prefloración entre los 73 a 82 dds con 0.01 y 0.00 mm y a los 102 y 103 dds con 0.05 y 0.06 mm, a los 79 a 88 dds con 0.01 y 0.00 mm, y en floración entre los 116 a 121 dds con 0.06 y 0.00 mm y a los 131 dds con 0.00 mm (Figura 38). A pesar de que en la etapa de emergencia, floración y madurez se presentó una lluvia moderada se identificó el incremento en la captura de las tres especies de polilla.

Figura 38

Fluctuación de la precipitación a lo largo del ciclo del cultivo de papa en la localidad Imantag



En la presente investigación realizada en las localidades de Yuracruz Alto, Los Óvalos Alto e Imantag de la provincia de Imbabura entre mayo a octubre de 2021, se identificó la presencia de las tres especies de polilla *T. solanivora*, *S. tangolias* y *P. operculella* durante todo el ciclo del cultivo, en Yuracruz Alto (3235 msnm) predominó la especie *T. solanivora* y en muy baja cantidad *S. tangolias* y *P. operculella*, en Los Óvalos Alto (2853 msnm) predominó *T. solanivora*, seguido de *S. tangolias* y en baja cantidad *P. operculella*, mientras que en Imantag (2418 msnm) se capturó mayor individuos de *S. tangolias* seguido por *T. solanivora* y *P. operculella*, lo cual concuerda con datos obtenidos por Yumisaca et al. (2019) quienes evaluaron la dinámica poblacional de las tres especies de polilla en tres altitudes de la provincia de Chimborazo presentando en la zona alta (3000 msnm) en promedio 78 individuos/trampa de Ts, 55 de St y 7 de Po, en la zona media (2810 msnm) Ts alcanzó en promedio 132 individuos/trampa, 147 de St y 50 de Po; y en la parte baja (2700 msnm) se obtuvo en promedio 107 individuos/trampa de Ts, 279 de St y 19 de Po.

Dangles et al. (2008) y Coronado (2011) mencionan que en un estudio realizado en Ecuador sobre la tolerancia de las tres especies de polilla a tres temperaturas constantes (10, 15 y 20 °C), obtuvieron que *T. solanivora* y *P. operculella* tienen un 60% de incremento en su tasa reproductiva a 20 °C, mientras que *S. tangolias* presentó mejor adaptación a climas fríos, pero también es tolerante a rangos de temperatura de 10 a 20 °C.

Gómez (2010) en un ensayo realizado en Aroma-Bolivia entre noviembre de 2006 hasta abril de 2007 en las localidades de Vinto Copani, San José de Llanga y Jatuqira con una altura sobre los 3 700 msnm, identificó que a una temperatura máxima de 25 °C y una mínima de 16 °C permitió la presencia en mayor cantidad de la especie *P. operculella* en un 98%, *S. tangolias* en un 3% y *T. solanivora* del 1%.

Estas comparaciones indican que las condiciones climáticas de cada zona influyen en el comportamiento poblacional de cada especie de polilla en el cultivo de papa, puesto que en la presente investigación en cada localidad la temperatura máxima fue de 22 °C y la media de 10 °C, siendo los rangos ideales para que las tres especies de polilla tengan una alta población de adultos macho por trampa, especialmente de *T. solanivora*, ya que Villanueva

y Saldamando (2013) mencionan que la temperatura tiene una influencia directa en la duración del desarrollo de la plaga de huevo a adulto: 42 días a 25 °C y 95 días a 15.5 °C.

Sin embargo, no se puede suponer que el incremento y disminución de individuos por trampa sea por condiciones climáticas, ya que ninguna localidad Yuracruz Alto, Los Óvalos Alto e Imantag sobrepasó el umbral de desarrollo de esta plaga. Castro y Contreras (2011) mencionan que la especie *P. operculella* no se desarrolla en climas fríos menores a 10°C, ya que está adaptada a regiones cálidos y secos a 2 500 msnm siendo notorio su presencia en campo a 16 °C prosperando a 28 °C y 68% de humedad relativa, mientras que *S. tangolias* se adapta hasta los 3 400 msnm y prospera entre 17.5 a 24°C y *T. solanivora* se desarrolla entre 15.5 a 25°C, presentando mayor población en época seca y baja población en altas precipitaciones, ya que según Vera et al. (2009) la lluvia impide el vuelo de las polillas adulto evitando la cópula, puesto que los individuos de ambos sexos no se encuentran entre sí, asimismo los huevos pueden ser lavados o desprendidos del sitio de ovipostura.

Además, se identificó que en cada localidad la precipitación es un factor climático que no presenta una relación directa con la dinámica poblacional de la plaga, puesto que la precipitación máxima fue baja (17 a 18 mm) y la mínima fue entre 0.00 a 0.06 mm, lo cual indica el incremento de individuos capturados por trampa en todo el ciclo del cultivo, ya que este ensayo se realizó en época seca lo cual favorece el incremento poblacional de la plaga.

Wilches et al. (2022) en su investigación realizada desde noviembre de 2015 a octubre de 2017, en el primer ciclo del cultivo de papa obtuvo la mayor población de *T. solanivora* de 68-227 individuos semanal/trampa a mayores picos de temperatura que oscilan entre 20-23 °C acompañado de bajas precipitaciones de 0-63 mm y en el segundo ciclo del cultivo, la población de la plaga disminuyó a 15-59 individuos semanal/trampa con un mayor rango de precipitación de 63 a 128 mm y temperatura máxima de 17.7 a 21 °C.

4.2 Número de trampas

Las pruebas DBCA Friedman de datos no paramétricos indican que si existe interacción entre días después de la siembra, nivel y especie de polilla ($p < 0.0001$).

Para el Nivel 2, se colocó una trampa por especie de polilla durante todo el ciclo del cultivo; mientras que para el Nivel 3, el número de trampas para la especie *Phthorimaea operculella* (*Po*) se mantuvo en un incremento de 1 trampa a partir de los 90 días después de la siembra (dds) hasta la etapa de tuberización (150 dds), mostrando un total de tres trampas; mientras que para *Tecia solanivora* (*Ts*) se colocaron seis trampas y para *Symmetrichema tangolias* (*St*) se instalaron cinco trampas, en los que el incremento de trampas fue a partir del primer y segundo monitoreo. Con este número de trampas, la captura de *T. solanivora* se redujo a 41, *S. tangolias* a 8 y *P. operculata* a 14 individuos (Tabla 5).

Tabla 5

Número de trampas por especie de polilla en los tres niveles de tres localidades de la provincia de Imbabura

Dds	Nivel 1			Nivel 2			Nivel 3		
	<i>Ts</i>	<i>St</i>	<i>Po</i>	<i>Ts</i>	<i>St</i>	<i>Po</i>	<i>Ts</i>	<i>St</i>	<i>Po</i>
15	-	-	-	1	1	1	1	1	1
30	-	-	-	1	1	1	2	2	1
45	-	-	-	1	1	1	2	3	1
60	-	-	-	1	1	1	3	3	1
75	-	-	-	1	1	1	4	4	1
90	-	-	-	1	1	1	5	4	1
105	-	-	-	1	1	1	5	4	2
120	-	-	-	1	1	1	5	4	2
135	-	-	-	1	1	1	5	5	2
150	-	-	-	1	1	1	6	5	3
165	-	-	-	1	1	1	6	5	3
171	-	-	-	1	1	1	6	5	3

El incremento de trampas se realizó desde el borde hacia el centro del lote, ya que según Clavijo (1993) la plaga coloniza en el cultivo en los bordes de la parcela y a medida que se desarrolla el cultivo y la población de polillas aumenta el ataque avanza hacia el interior de la parcela. Asimismo, fue en base al monitoreo quincenal, tomando en cuenta el número de polillas capturados por especie, si el 50% de trampas instaladas por especie sobrepasaba de 50 polillas se aumentó una trampa de la especie de polilla de mayor población, puesto que según Avilés y Piedra (2017) se toma acciones de control cuando la población es de 60-100 adultos por trampa por semana.

Por otro lado, Alvarado et al. (1993) en su estudio determinó que la densidad más eficiente es de 10 y 20 trampas/ha, siendo más práctico utilizar 10 trampas/ha al inicio del cultivo cuando la población de polillas es menor a 100 adultos macho/trampa/semana y a medida que este incremento se debe aumentar el número de trampas hasta colocar 20 trampas/ha, teniendo en cuenta que no se debe exceder de este número de trampas, puesto que la captura disminuye debido a la confusión de la polilla adulto macho en campo. Asimismo, Herrera (1997) menciona que 16 trampas/ha por especie de polilla es eficiente como medida de control.

Según Guillon (2002) y Avilés y Piedra (2017) las trampas tienen una capacidad de atracción de 300 m², la distancia de separación para diferentes especies de polilla es a una distancia de 10 m y entre la misma especie de polilla a 30 m, lo cual es confirmado por Cameron et al. (2002) quienes para determinar la distancia de vuelo de la plaga liberaron 6 506 polillas macho de la especie *P. operculella*, para recapturar instalaron cinco trampas a 40, 80, 160 y 220 m, en tres días el 62% de polillas liberadas fueron recapturadas con trampas instaladas a una distancia de 40 m, identificando que la distancia de vuelo no es más de 40 m e indicaron que las parcelas de papa deben estar separados 200 m una de otra para evitar la proliferación de la plaga en lotes no tratados. Esto es refutado por El Sayed et al. (2006) quienes mencionan que las trampas de diferente especie pueden ser instaladas a 5 m y de la misma especie entre 10 a 15 m. Este rango de distancia fue implementado en la presente investigación, pues las parcelas fueron menor a una hectárea, lo cual impedía que la distribución de trampas sea mayor a 15 m. Además, Gómez (2010) en su ensayo instaló

trampas de diferentes especies a 5 m de distancia y para la misma especie a 12.5 m, teniendo en un área de 1 000 m² 3 trampas por especie de polilla (*P. operculella*, *S. tangolias* y *T. solanivora*).

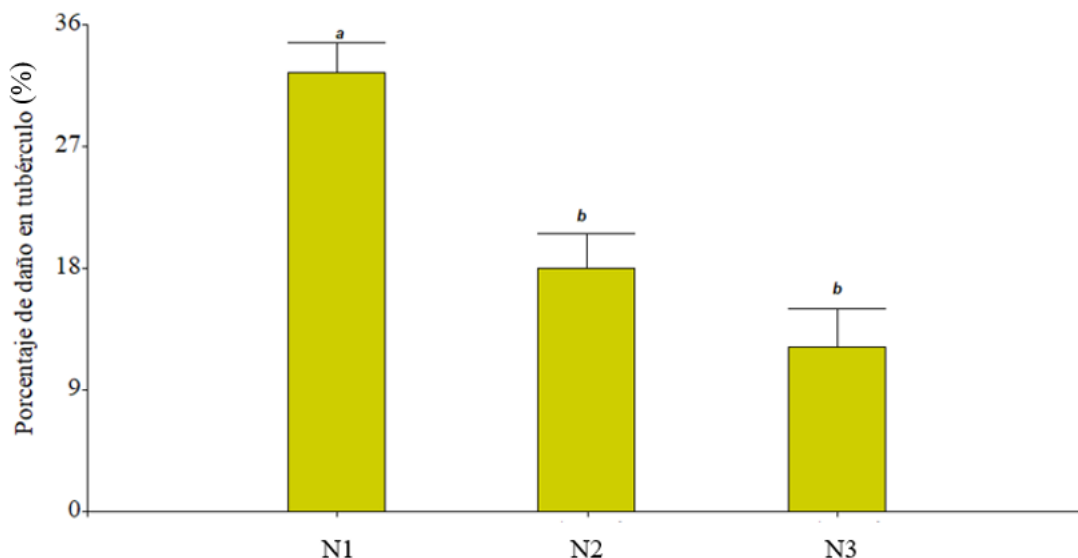
4.3 Incidencia de la plaga en el tubérculo

El análisis de varianza indicó que existe una diferencia estadística significativa entre las densidades de trampa con respecto a la variable incidencia de la plaga en el tubérculo ($p < 0.0001$).

A través de las pruebas de LSD Fisher ($\alpha = 0.05$) se determinó que la incidencia de la plaga en el tubérculo fue mayor en el lote testigo (Nivel 1) con 15% más que el Nivel 2 conformado de una trampa con feromona sexual por especie de polilla y con 20% más que el Nivel 3 conformado de más de una trampa con feromona sexual por especie de polilla, siendo estos dos últimos estadísticamente similares, sin embargo, hay una diferencia numérica de 6% entre el N3 y N2 (Figura 39).

Figura 39

Porcentaje de daño en el tubérculo de papa causado por el complejo de polilla en los niveles evaluados bajo diferente densidad de trampas con feromonas en tres localidades de la provincia de Imbabura



Nota: Nivel 1 (N1)= Lote testigo; Nivel 2 (N2)= Una trampa con feromona por especie de polilla, con un total de 3 trampas por lote desde la siembra hasta la cosecha; Nivel 3 (N3)= Más de una trampa con feromona por especie de polilla.

Acuña y Castro (2015) manifiestan que esta plaga causa mayor daño en etapa larval, puesto que ingresan al tubérculo de papa realizando galerías superficiales y profundas, causando daños en el tubérculo de hasta un 40% en campo cuando el método de control es solo químico, lo cual es contrastado por Guevara (2021) quien obtuvo a la cosecha un daño en el tubérculo del 5%, ya que realizó aplicaciones de insecticidas químicos cuando el conteo semanal de polillas fue superior a 60 polillas por trampa.

Asimismo, en un estudio realizado por Lobos et al. (2013) utilizando 48 trampas con feromona sexual por hectárea en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) para controlar *Tuta absoluta* lograron reducir daños en las flores en un 80% y la cantidad de frutos dañados en un 67%. Del mismo modo, en el cultivo de palma aceitera Oehlschlager et al. (2002) lograron reducir en un año la incidencia del nemátodo del anillo rojo (*Bursaphelenchus cocophilus* Cobb.) en un 80% mediante el uso de dos trampas con feromona sexual/ha para controlar el insecto vector picudo negro de la palma americana (*Rhynchophorus palmarum* L.).

4.4 Rendimiento (T ha-1)

El análisis de varianza determinó que no existe un efecto de la densidad de trampas con feromona sexual en el rendimiento (T ha-1) del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) ($p=0.7042$).

A través de las pruebas de LSD Fisher ($\alpha=0.05$) se determinó que no existe diferencias significativas en el rendimiento. No obstante, el N3 presenta una diferencia de rendimiento de 3 T ha-1 con respecto a N2 y de 5 T ha-1 con respecto a N1 (Tabla 6), valores que representan mucho para los productores, puesto que por cada T ha-1 extra obtenida hay mayor ingreso económico, siendo así Manrique (2019) manifiesta que el precio en el mercado ecuatoriano de una tonelada de tubérculos de papa variedad Super Chola en el año 2019 fue de 193.3 dólares.

La disminución del rendimiento en el lote testigo sin trampas fue porque a la cosecha los tubérculos presentaron mayor daño por la polilla y debido al descarte de tubérculos por presencia del patógeno Lanosa (*Rosellina* sp.) en lote testigo de Yuracruz Alto.

Tabla 6

Rendimiento del cultivo de papa (T ha-1) de los niveles evaluados bajo diferentes densidades de trampas con feromona sexual

Nivel	Media (T ha-1)	Error estándar
1	24.5	± 7.43
2	26.12	± 11.09
3	29.27	± 8.94

A pesar de lo antes mencionado, comparando los datos obtenidos en la presente investigación con los conseguidos por el MAG (2021), los tres niveles estudiados presentaron rendimientos altos en comparación con los alcanzados en el año 2020 tanto a nivel de la provincia de Imbabura (13.10 T ha-1) como nacional (17.12 T ha-1) e incluso el N3 superó el rendimiento que tuvo la provincia del Carchi (27.85 T ha-1) que es la provincia que mayor producción presentó en ese año.

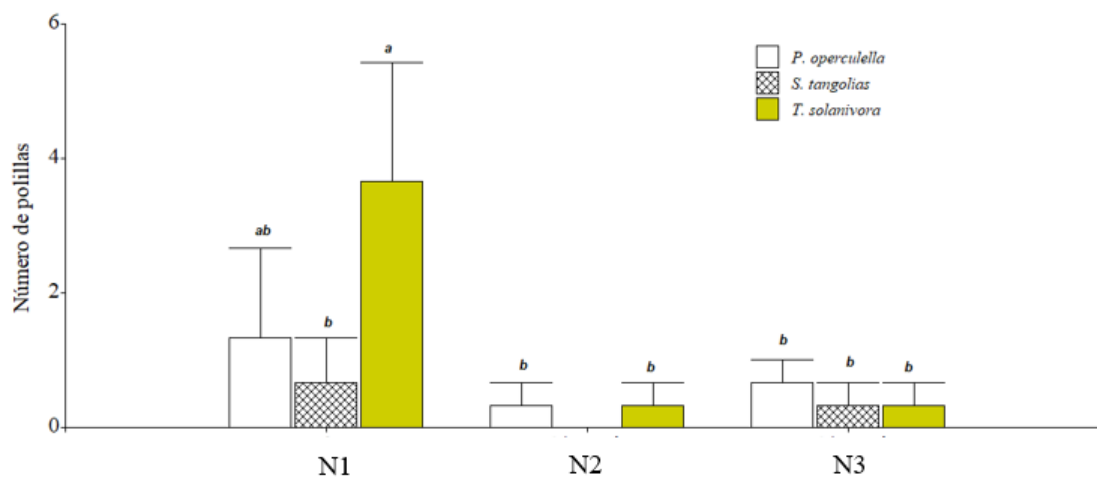
4.5 Presencia de la polilla en postcosecha

Las pruebas DBCA Friedman para datos no paramétricos indican que existe un efecto de la densidad de trampas con feromona sexual con respecto al número de polilla en postcosecha ($p = 0.0495$).

La Figura 40 muestra que en las muestras de los lotes testigos hubo la presencia de las tres especies de polilla, siendo *T. solanivora* la predominante, seguida de *P. operculella*, también en el Nivel 3 se obtuvo las tres especies, pero en menor cantidad, sin embargo, en el Nivel 2 solo se obtuvo 2 especies de polilla *T. solanivora* y *P. operculella*.

Figura 40

Número de especie de polilla capturados en postcosecha en cajas entomológicas provenientes de los niveles evaluados en base a la densidad de trampas con feromonas



Nota: Nivel 1 (N1)= Lote testigo; Nivel 2 (N2)= Una trampa con feromona por especie de polilla desde la siembra hasta la cosecha; Nivel 3 (N3)= Más de una trampa con feromona por especie de polilla.

En total se encontró 23 polillas adultas: 13 de *T. solanivora*, 3 de *S. tangolias* y 7 de *P. operculella*, siendo que según Suquillo et al. (2011) a la cosecha en una muestra de 112 tubérculos con daños de polilla identificaron tres larvas de *T. solanivora*, 12 larvas de *S. tangolias* y cero larvas de *P. operculella*. Esto indica que al colocar 2.5 kg de tubérculos de papa al finalizar la cosecha en cajas entomológicas la plaga se encontraba en etapa larval.

4.6 Ciclo de vida de la polilla

4.6.1 Días de aparición del adulto

Las pruebas DBCA Friedman para datos no paramétricos indican que no existe interacción entre nivel o tratamiento, especie de polilla y días de aparición del adulto de la polilla ($p = 0.3104$).

La Tabla 7 muestra que en promedio la media de días de aparición de adultos para la especie *T. solanivora* es de 43 días, para la especie *S. tangolias* es de 45 días y para la especie *P.*

operculella es de 44 días, presentando una diferencia de alrededor de un día entre las tres especies de polilla.

Tabla 7

Días de aparición de la polilla adulta en postcosecha en cajas entomológicas que contenían muestras de tubérculos de papa provenientes de los tres niveles evaluados en base a la densidad de trampas con feromonas

Nivel	Especie	Media	Error estándar
1	<i>P. operculella</i>	45	0.58
1	<i>S. tangolias</i>	45	1
1	<i>T. solanivora</i>	42.73	0.74
2	<i>P. operculella</i>	45	0
2	<i>T. solanivora</i>	42	0
3	<i>P. operculella</i>	43	1
3	<i>S. tangolias</i>	46	0
3	<i>T. solanivora</i>	43	0

4.6.2 Días de vida de la polilla adulta

Las pruebas DBCA Friedman de datos no paramétricos indican que no existe interacción entre nivel o tratamiento, especie de polilla y días de vida del adulto de la polilla ($p = 0.3767$).

La Tabla 8, muestra que la media de días de vida del adulto de la polilla para la especie *T. solanivora* en promedio fue de 20 días, seguido por la especie *P. operculella* con un promedio de 19 días y para *S. tangolias* que presenta un promedio de 18 días, presentando una diferencia de alrededor un día de vida entre las tres especies de polilla.

Tabla 8

Días de vida de la polilla adulta capturada en las cajas entomológicas que contenían muestras de tubérculos de papas provenientes de los tres niveles evaluados en base a la densidad de trampas

Nivel	Especie	Media	Error estándar
1	<i>P. operculella</i>	18.25	0.63
1	<i>S. tangolias</i>	16.5	0.5
1	<i>T. solanivora</i>	19.18	0.48
2	<i>P. operculella</i>	19	0
2	<i>T. solanivora</i>	21	0
3	<i>P. operculella</i>	19.5	1.5
3	<i>S. tangolias</i>	19	0
3	<i>T. solanivora</i>	19	0

En base a los resultados obtenidos las primeras polillas adultos de *T.solanivora* aparecieron en un promedio de 43 días con una longevidad de 20 días con un total de 63 días, concordando con lo que manifiesta Toledo (2016) que su ciclo de vida oscila entre dos a tres meses: huevo de 7 a 15 días; larva de 23 a 34 días; pupa 14 a 26 días y los adultos machos viven 16 días y hembras 20 días.

En zonas bajas a 2 500 msnm las especies *P. operculella* y *S. tangolias* tienen un ciclo de vida de 2.5 meses mientras que a 3 000 msnm duran 3 meses; huevo 2 a 3 semanas, pero cuando el clima es muy frío demora unas semanas más, larva de 5 a 8 semanas y después de 3 a 5 semanas la pupa se convierte en adulto, con una longevidad de 10 a 30 días en las hembras y 18 días en los machos (Palacios, 1999). Coincidiendo con los datos obtenidos en esta investigación, ya que al encontrarse las muestras en postcosecha en la parroquia de San José de Chaltura a 2 502 msnm dato obtenido con la aplicación GPS Essentials estas dos especies tienen un ciclo biológico de 2.5 meses presentando un total de 63 días; *P. operculella* 44 días para etapa adulta y 19 días de longevidad y para *S. tangolias* con 45 días para etapa adulta y 18 días de longevidad.

Por tanto, al momento de colocar las muestras en cajas entomológicas la plaga se encontraba en etapa larval. Esto debido a que un mes y medio antes de la cosecha se aplicó insecticidas químicos; Engeo (Lambdacihalotrina y Thiamethoxan) y Estruendo (Hexythiazox) para bajar la población de plagas, lo cual indica que después de la aplicación ingresó la plaga al cultivo y ovopositó.

4.7 Análisis económico

A través del indicador relación Beneficio Costo (B/C) se realizó el análisis económico de cada nivel estudiado en las tres localidades de Imbabura: Ibarra-Yuracruz Alto, Antonio Ante-Los Óvalos Alto y Cotacachi-Imantag, para lo cual se registró los costos de producción expresados en dólares por superficie de producción (Tabla 9).

Dentro de los costos de producción, la localidad Imantag del cantón Cotacachi presentó el costo de producción más alto superando con 9.54 USD/ha a Antonio Ante-Los Óvalos Alto y con 119.90 USD/ha a Ibarra-Yuracruz Alto, el cual presentó el costo más bajo de las tres localidades. Sin embargo, no superan los costos obtenidos por el MAG, que en el 2018 menciona que fue de 5 000 USD/ha, siendo las actividades de siembra, cosecha, fertilización y control fitosanitario las de mayor inversión, puesto que requieren la contratación de varios jornales, además estas dos últimas actividades están sujetas al comportamiento del precio en el mercado y ninguno puede ser omitido, ya que se pone en riesgo la producción del cultivo.

Tabla 9*Costos de la producción de una hectárea de papa en tres localidades de Imbabura*

ACTIVIDADES	LOCALIDAD					
	Ibarra-Yuracruz Alto		Antonio Ante-Los Óvalos Alto		Cotacachi- Imantag	
	USD/ha	%	USD/ha	%	USD/ha	%
A. COSTOS DIRECTOS (CD)						
1. PREPARACIÓN DEL SUELO						
Arada y cruza	60.00		50.00		50.00	
Surcado	72.00		60.00		80.00	
Subtotal	132.00	3	110.00	2	130.00	3
2. MANO DE OBRA						
Siembra	216.00		192.00		228.00	
Riego	0.00		0.00		120.00	
Fertilización	96.00		84.00		108.00	
Aplicación de agroquímicos	264.00		240.00		240.00	
Deshierba	240.00		252.00		144.00	
Aporque	264.00		264.00		180.00	
Cosecha	460.00		480.00		276.00	
Subtotal	1540.00	33	1512.00	31	1296.00	27
3. INSUMOS						
Semilla	731.25		608.00		698.75	
Fertilizantes químicos	1068.69		1330.08		1165.20	
Agroquímicos (Insecticidas/Plaguicidas)	796.25		638.00		864.75	
Subtotal	2596.19	55	2576.08	53	2728.70	56
SUBTOTAL CD	4268.19	90	4198.08	87	4154.70	86
B. COSTOS INDIRECTOS (CI)						
Transporte	66.63		30.60		35.70	
Arriendo terreno	180.00		400.00		450.00	
Interés de crédito (5% del CD)	213.41		209.90		207.73	
SUBTOTAL CI	460.04	10	640.50	13	693.43	14
TOTAL, DE COSTOS CD+CI	4728.23	100	4838.59	100	4848.13	100

Además, según López et al. (2022) quién comparó el incremento del costo de producción de una hectárea de papa variedad Chola en Riobamba obtuvo en el año 2016 un costo de 3575.89 USD/ha y para el año 2021 de 3618.13 USD/ha mismo que toma en cuenta los costos de mano de obra para labores culturales con un total de 97 jornaleros, mientras que en la presente investigación se usó alrededor de 104 jornales, asimismo no tuvo en cuenta el transporte e interés de crédito y el rubro arriendo del terreno tiene un valor de 50

USD/ha/ciclo cultivo, mismo que es casi cuatro veces más que en Ibarra-Yuracruz Alto, ocho veces más que en Antonio Ante-Los-Óvalos Alto y 9 veces más que en Cotacachi-Imantag teniendo un incremento en los costos con 460.04, 640.50 y 693.43 USD/ha, respectivamente.

Por otro parte, los costos que difieren entre los niveles estudiados son las trampas con feromona sexual por especie de polilla, por lo que en la Tabla 10 se detalla los costos que varían siguiendo la metodología del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) como son: costo unitario de la feromona sexual para cada especie de polilla y mano de obra para la elaboración, instalación, monitoreo y mantenimiento de las trampas.

Tabla 10

Costos que varían para la producción de una hectárea de papa

Nivel	Especie de polilla	Nº trampas/ha (a)	Costo unitario feromona sexual (USD/ha) (b)	Costo unitario elaboración, instalación, monitoreo y mantenimiento (USD) (c)	Total, de costos que varían (USD/ha) (b+c)*a
N1	Testigo	0	0	0	0
N2	<i>T. solanivora</i>	2	2.01	2.15	8.32
	<i>S. tangolias</i>	2	4.00	2.15	12.30
	<i>P. operculella</i>	2	2.01	2.15	8.32
TOTAL, N2					28.94
N3	<i>T. solanivora</i>	16	2.01	2.15	66.56
	<i>S. tangolias</i>	14	4.00	2.15	86.10
	<i>P. operculella</i>	8	2.01	2.15	33.28
TOTAL, N3					185.94

En la Tabla 11 se observa el análisis económico de cada nivel estudiado, donde se aprecia el rendimiento, costos de producción, costos que varían, la utilidad y la relación Beneficio/Costo (B/C) de cada nivel de las tres localidades de Imbabura: Ibarra-Yuracruz Alto, Antonio Ante-Los Óvalos Alto y Cotacachi-Imantag. Para el ingreso por producción vendida se tomó en cuenta el precio de 0.35 USD de un kilogramo de papa variedad Super Chola categoría primera determinado en el mes de octubre de 2021 en el mercado mayorista de Ibarra, mismo que fue estipulado por el Sistema de Información Pública Agropecuaria [SIPA] (2021). Asumiendo que el quintal de 50 kg categoría primera tuvo un valor de 17.50 USD, lo cual concuerda con el precio que el productor comercializó, mientras que el quintal de categoría segunda se vendió a 8 USD (0.16 USD/kg) y la de categoría tercera a 4 USD (0.008 USD/kg) (Anexo 9).

Tabla 11

Análisis económico de una hectárea de papa de los tres niveles evaluados en tres localidades de Imbabura

Nivel	Localidad	Rendimiento (kg/ha)	Incidencia tubérculo (%)	Costos de producción (USD/ha)	Total, de costos que varían (USD/ha)	Total, de costos de producción (USD/ha)	Ingreso total (USD/ha)	Utilidad (USD/ha)	B/C
N1	Ibarra	12877.94	35	4728.23	0.00	4728.23	3259.05	-1469.18	0.69
N2		23573.20	22	4728.23	28.94	4757.17	4903.23	146.06	1.03
N3		22077.92	18	4728.23	185.94	4914.17	4470.13	-444.04	0.91
N1	Antonio Ante	38321.30	30	4838.59	0.00	4838.59	9694.18	4855.59	2.00
N2		46475.13	10	4838.59	28.94	4867.53	12445.20	7577.67	2.56
N3		47049.00	15	4838.59	185.94	5024.53	12976.06	7951.53	2.58
N1	Cotacachi	22288.26	25	4848.13	0.00	4848.13	2690.94	-2157.19	0.56
N2		8310.25	15	4848.13	28.94	4877.07	1077.01	-3800.06	0.22
N3		18691.59	5	4848.13	185.94	5034.07	2990.65	-2043.42	0.59

Además, en la Tabla 11 se puede observar el análisis de la relación Beneficio/Costo de cada nivel estudiado, mismo que resulta de la división del ingreso total de la producción para el costo total de producción, obteniendo así el beneficio para cada nivel evaluado. Por lo que, para la interpretación se consideró lo siguiente: cuando el resultado es mayor a uno significa ganancia para el productor, si el resultado es igual a uno no existe ni ganancias ni pérdidas y si el resultado es menor a uno presenta pérdidas (Herrera et al., 1994).

Por tanto, continuando con el análisis los tres niveles del sector Los Óvalos Alto del cantón Antonio Ante presentó mayor ganancia en comparación con las otras dos localidades con valores de 2.00, 2.56 y 2.58 USD, respectivamente, siendo N3 el que presentó el mayor Beneficio/Costo, puesto que por cada dólar invertido se ganó 0.02 USD más que el N2. Mientras que en la localidad Yuracruz Alto del cantón Ibarra el lote testigo presentó pérdidas (0.69 USD) y el N2 mostró 0.12 USD más de B/C que el N3. Sin embargo, en el sector Imantag del cantón Cotacachi los tres niveles presentaron pérdidas, siendo el N3 el que tuvo mayor pérdida con 0.03 USD con respecto al N1 y 0.37 con respecto al N2, siendo esta localidad la que mayores pérdidas económicas presentó.

Esto es debido a que los beneficios se derivan del incremento del precio del producto o de la disminución del costo de producción (Price, 1983), lo cual es validado por Espinosa et al. (2002) quienes indican que al ser alto el valor de los costos de producción como parte del costo total existe mayor costo en la producción de cada kilogramo de papa, mismo que puede ser disminuido incrementando el volumen de la producción. Lo cual sucedió en el sector Los Óvalos Alto, donde el incremento de la producción incrementó las ganancias por cada dólar invertido en N1, N2 y N3 con valores de 1, 1.56 y 1.58 USD según el orden mencionado, mientras que en Imantag sucedió lo contrario; el costo de producción es más alto con 9.54 USD que Los Óvalos Alto y 119.90 USD que Yuracruz Alto, mismo que a pesar de que presentó el menor costo de producción no llegó a generar un alto B/C como Los Óvalos Alto.

Demostrando que la adquisición de las feromonas no incrementa el costo de producción, ya que según Peña y Yépes (1997) tanto en campo como en almacenamiento tienen una efectividad de seis meses a un año, además la elaboración de las trampas fue a base de materiales de bajo costo e incluso con materiales reciclados. Siendo así que la implementación de trampas en una hectárea de papa para controlar la plaga tiene un costo de 185.94 USD, valor que iguala alrededor de tres aplicaciones de insecticidas químicos de 57.65 USD con dos jornaleros por aplicación (Anexo 10).

Además, en el N3 se obtuvo menor daño en el tubérculo y mayor relación B/C con respecto al N1, debido a que los tubérculos dañados fueron separados como alimento para chanchos o para desechar, ya que según Raman (1988) y Guachalla (2011) el principal causante de pérdidas económicas es la larva de la polilla, debido a que se alimenta del tubérculo provocando pérdidas de peso y calidad del tubérculo e incluso quedan inutilizables.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En las tres localidades de Imbabura se identificó la presencia de las tres especies de polilla *T. solanivora*, *S. tangolias* y *P. operculella* durante todo el ciclo del cultivo, con mayor captura en la etapa de emergencia, floración y tuberización, el cual es relativo a las condiciones climáticas de las zonas; Temperatura de 10 a 22 °C y precipitaciones bajas.
- El N3 presentó la reducción del 42% de la población de las tres especies de polilla a la etapa de madurez del cultivo, mientras que el N2 mostró el incremento del 58% de *T. solanivora* y 33% de *P. operculella*.
- La densidad de trampas con feromona sexual influye en el porcentaje de incidencia de daño y calidad del tubérculo en las tres localidades de Imbabura.
- El uso de trampas con feromona sexual mostró una diferencia de 5 T ha-1 con respecto al testigo.
- La localidad Los Óvalos Alto del cantón Antonio Ante presentó ganancias para el productor de 1, 1.56 y 1.58 por cada dólar invertido en N1, N2 y N3, en el orden mencionado.
- El sector Imantag del cantón Cotacachi presentó mayores pérdidas económicas en los tres niveles, ya que presentó bajo rendimiento y alto costo de producción.

5.2 RECOMENDACIONES

- Trabajar con lotes de un área aproximada a una hectárea puesto que las feromonas tienen una efectividad de 30 metros de diámetro.
- Identificar la trampa con el nombre de la especie de polilla a la que pertenece para poder determinar que especie predomina en la zona de estudio.
- Tomar medidas de control después del aporque del cultivo de papa, ya que la remoción del suelo facilita la proliferación e incremento de la población de la plaga.
- Continuar con investigaciones donde se tomen medidas de control cuando la dinámica poblacional de la plaga por especie sea superior a 50 polillas/trampa.
- Realizar investigaciones que incluyan registros de aplicación de insecticidas químicos con su respectivo ingrediente activo para determinar si esto tiene influencia en la dinámica poblacional de la plaga.
- Reducir la aplicación de agroquímicos utilizando trampas con feromonas sexuales.
- Realizar un estudio por localidad relacionando el manejo ejecutado por el productor y su influencia en la dinámica poblacional de la polilla.

REFERENCIAS

- Acevedo, N., Vega, H., Blanco, E. y García, C. (2017). Distribución de la palomilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* Povolný (Lepidoptera: Gelechiidae) en México. *Entomología Agrícola*, 4, 369-373.
- Acuña, I. y Castro, M. (2015, 8 de abril). *Plagas insectiles-Lepidoptera*. INIA. <https://manualinia.papachile.cl/?page=manejo&ctn=80>
- Alvarado, J., Ortega, E. y Acevedo J. (1993). Evaluación de la densidad de trampas de feromona en la captura de la polilla centroamericana de la papa (*Tecia solanivora* Povolny). *Revista Latinoamericana de la papa*, 5(1), 77-88. <http://papaslatinas.org/index.php/rev-alap/article/view/60/62>
- Andrade, H., Bastidas, O. y Sherwood, S. (2002). La papa en Ecuador. En M. Pumisacho y S. Sherwood. (Eds.), *El cultivo de la papa en Ecuador* (pp. 21-28). INIAP-CIP. https://www.researchgate.net/publication/260827961_El_Cultivo_de_la_Papa_en_Ecuador
- Arribillaga, D. (2013). *Antecedentes técnicos para el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.) en la región de Aysen*. Boletín INIA No. 272. INIA. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7669/Bolet%c3%adn%20INIA%20N%2%b0%20272?sequence=1&isAllowed=y>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2012). *Proyecto Código Orgánico de Soberanía Alimentaria*. <https://www.soberaniaalimentaria.gob.ec/pacha/wp-content/uploads/2011/04/LORSA.pdf>
- Avilés, J. y Piedra R. (2017). *Manual del cultivo de papa en Costa Rica (Solanum tuberosum L.)*. INTA. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/3145>
- Bacca, T., Delgado, W., Lagos, T. y Guitiérrez, Y. (2021). Efecto de la altitud y del sombrío del café sobre la infestación por *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en Nariño, Colombia. *Boletín Cinetífico Centro de Museos de Historia Natural*, 25(2), 43-58. <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v25n2/0123-3068-bccm-25-02-43.pdf>
- Banco Central del Ecuador. (2022). *Boletín de análisis agropecuario*. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc202104.pdf>
- Barragán, Á. (2005). *Identificación, biología y comportamiento de las polillas de la papa en el Ecuador*. PROMSA-MAG, PUCE. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cc-2010/010044653.pdf
- Basantes, T., Aragón, J., Albuja L y Vázquez, L. (2020). Diagnóstico de los costos, rendimientos de producción y comercialización de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la Zona 1 del Ecuador, año 2019. *Revista e-Agronegocios*, 6(2), 103-120. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/eagronegocios/article/view/5103/5286>
- Bosa, F., Osorio, P., Cotes, A., Bengtsson, M., Witzgall, P. y Fukumoto, T. (2008). Control de *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) mediante su feromona para la interrupción del apareamiento. *Revista Colombiana de Entomología*, 34(1), 68-75. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v34n1/v34n1a09.pdf>

- Bravo, H. (2011). *La economía del cambio climático e impactos sociales: métodos y técnicas de análisis. Análisis de costo beneficio*. https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/03_analisis_costo_beneficio.pdf
- Calderón, R., Barea, O., Ramos, J., Crespo, L., Bejarano, C., Herbas, J. y Lino, V. (2002). *Desarrollo de componente de Manejo Integrado de polillas de la papa (Phthorimaea operculella y Symmestrichema tangolias) en Bolivia y el Bioinsecticida Baculovirus (MATAPOL)*. PROINPA. <https://www.cabi.org/wp-content/uploads/Calderon-2002-IPM-of-potato-tuber-moths.pdf>
- Cameron, P., Walker, G. Wallage, A. y Wigley, P. (2002). Movement of potato moth estimated by mark-recapture experiments. *Vegetables-Entomology & Pathology* 55, 177-181. https://nzpps.org/_journal/index.php/nzpp/article/view/3990/3818
- Canqui, F., & Morales, E. (2009). *Conocimiento local en el cultivo de la papa*. PROINPA. <https://www.yumpu.com/es/document/read/36372236/conocimiento-local-cultivo-de-la-papa>
- Castillo-Carrillo, C., Fu, Z., Asaquibay, C., Aucancela, R., Camacho, J., López, V., Quimbiamba, V., Yumisaca, F., Panchi, N. y Velasco, C. (2019, del 13 al 14 de junio). Caracterización molecular de tres especies de polillas de la papa presentes en Ecuador [Conferencia]. *IV Taller Internacional de la polilla guatemalteca de la papa Tecia solanivora*, Islas Canarias, España. https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/papa_709_Libro%20de%20resumenes%20del%20IV%20Taller%20Internacional%20de%20Tecia%20solanivora.pdf
- Castro, I. y Contreras, A. (2011). *Manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de la papa*. Imprenta Austral. <http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/2032/Manejodeplagasyenfermedades.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castro, R. (2013). *Efecto de flubendiamida sobre adultos de palomilla de la papa Phthorimaea operculella en papa Solanum tuberosum* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Archivo digital. <https://1library.co/document/yr20n7oz-efecto-flubendiamida-adultos-palomilla-phthorimaea-operculella-solanum-tuberosum.html>
- Chamorro , F., Gallegos, P. y Suquillo, J. (2004). Determinación de la eficacia del control químico para la polilla de la papa *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) en condiciones de campo Carchi, Ecuador. En A. Pollet, G. Onore, F. Chamorro y Á. Barragán. (Eds.), *Memorias II Taller Internacional de polilla guatemalteca. Avances en investigación y manejo integrado de la polilla guatemalteca de la papa Tecia solanivora* (pp. 67-74). https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-03/010036182.pdf
- Chehab, C. (2015). El cultivo de papa en Ecuador y planes de mejora. En P. Kromann, X. Cuesta, M. Romero, B. Montero y P. Cuasapaz. (Eds.), *Memorias del VI Congreso Ecuatoriano de la Papa* (pp. 4-5). https://issuu.com/horticulturapocosecha/docs/1507_memorias_vi_cep_congreso_papa?workerAddress=ec2-54-226-63-233.compute-1.amazonaws.com
- Clavijo, S. (1993). *Fundamentos de manejo de plagas*. Universidad Central de Venezuela. http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Zoologia_Agricola/Manejo_Integrado/Material_Interes/Fundamentos-de-manejo-de-plagas.pdf

- Constitución de la República del Ecuador. (12 de marzo, 2020). *Constitución de la República del Ecuador 2008*. <https://aceproject.org/ero-en/regions/americas/EC/ecuador-constitucion-2020/view#:~:text=Constituci%C3%B3n%20de%20la%20Rep%C3%ABlica%20del,12%20de%20marzo%20de%202020>.
- Coronado-León, C. (2011). *Aplicación de un modelo para el análisis de la polilla de la papa, Phthorimaea operculella (Zeller), en el Valle del Mantaro* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria la Molina]. https://www.researchgate.net/publication/328463279_Aplicacion_de_un_modelo_para_el_analisis_de_la_polilla_de_la_papa_Phthorimaea_operculella_Zeller_en_el_valle_del_Mantaro
- Cortez, M. y Hurtado, G. (2002). *Cultivo de la papa*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. <http://istphuancane.pe.tripod.com/docs/agrop/papa.pdf>
- Cotes, A., López-Ávila, A., Bosa-Ochoa, C., Zuluaga, M., Rincón, D., Valencia, E., Clavijo Mc Cormick, A., Aragón, S., Borrero, F., Camargo, C., Cuadros, D., Witzgall, P., Bengtsson, M., Karlsson, M. y Birgersson, G. (2012). *Uso de los compuestos volátiles de la papa en el control de la polilla guatemalteca* (1ª ed.). Produmedios. https://www.researchgate.net/publication/322815058_Uso_de_los_compuestos_volatiles_de_la_papa_en_el_control_de_la_polilla_guatemalteca
- Cruz-Tobar, E. y Maldonado, I. (2017). *Evaluación del agua de cocción 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.)* [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Universidad Técnica de Ambato. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25186>
- Dangles, O., Carpio, C., Barragán, A., Zeddám, J. y Silvain, J. (2008). Temperature as a key driver of ecological sorting among invasive pest species in the tropical Andes. *Ecological application*, 18(7), 1795-1809. <https://doi.org/10.1890/07-1638.1>
- Egúsqüiza, R. y Catalán, W. (2011). *Guía técnica curso-taller manejo integrado de papa*. Universidad Nacional Agraria la Molina. https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/CapacitacionesProductores/Papa/MANEJO_INT_EGRADO_DE_PAPA.pdf
- El Sayed, A., Suckling, D., Wearing, C. y Byers, J. (2006). Potential of mass trapping for long-term pest management and eradication of invasive species. *Entomological Society of America*, 99(5), 1550-1564. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17066782/#:~:text=We%20conclude%20that%20mass%20trapping,and%20development%20of%20this%20technology>
- Espinosa, P., Mendoza, L., Montesdeoca, F. y Racines, M. (2002). Socioeconomía. En M. Pumisacho y S. Sherwood. (Eds.), *El cultivo de la papa en Ecuador* (pp. 189-213). INIAP-CIP. <https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>
- Estay, P., López, H., Aguilar, V. y Morales, J. (2008). Manejo integrado de la polilla de la papa. *INIA Tierra Adentro*, 1(80), 17-19.

<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6400/NR35006.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Falconi, C. (2013). *Manual de cultivo paso a paso papa (Solanum tuberosum L.)*. Edifarm. https://quickagro.edifarm.com.ec/pdfs/manual_cultivos/PAPA.pdf
- Gallegos, P. y Suquillo, J. (1997, del 1 al 4 de septiembre). Monitoreo de la polilla de la papa (*Tecia solanivora*) en Ecuador [Conferencia]. *Primer Seminario Taller Internacional sobre Manejo Integrado de Tecia solanivora: Memorias*, Ibarra, Ecuador. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4313>
- Goldson, S. y Emberson, R. (2011). Potato moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) its habits, damage potential and management. *Potato growing*, 6(3), 61-66. https://www.agronomysociety.org.nz/files/SP3_11._The_potato_moth.pdf
- Gómez, M. (2010). *Dinámica poblacional de tres especies de polilla de la papa (Phthorimaea operculella Z., Parascema detectendum P. y Symmetrischema tangolias T.) en tres comunidades del Altiplano Central* [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/10101>
- Guachalla, L. (2011). *Efecto económico de cuatro especies de polilla de la papa sobre el beneficio de agricultores en tres comunidades del municipio de Sica* [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. Archivo digital. <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/10228/T-1566.pdf?sequence=3>
- Guevara, (2021). Frecuencias y concentraciones de agroquímicos y su impacto en los costos de producción del cultivo de papa. *Revista e-Agronegocios*, 7(2), 99-125. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/eagronegocios/article/view/5278>
- Guillon, M. (2002). Introducción a la utilización racional de la feromona en el manejo integrado de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidóptera:Gelechiidae). En A. Pollet, G. Onore, F. Chamorro y Á. Barragán. (Eds.), *Memorias II Taller internacional de polilla guatemalteca Tecia solanivora* (pp. 45-52). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-03/010036182.pdf
- Harrington, L. (1982). *Ejercicios sobre el análisis económico de datos agronómicos*. Economics Program. <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/824/13145.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Herrera, F., Velasco, C., Denen, H. y Radulovich, R. (1994). *Fundamentos de análisis económico. Guía para investigación y extensión rural*. CATIE. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2208/Fundamentos_de_analisis_economico.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Herrera, F. (1997). *La polilla guatemalteca de la papa. Biología, comportamiento y prácticas de manejo integrado*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/32549/39571_23495.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Herrera, M. y Dangles, O. (2012). Preferencia de oviposición en tres especies de la polilla de la papa (Lepidóptera: Gelechiidae). *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 33(2), 82-85. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6537231>
- Huarte, M. y Capezio, S. (2013). Cultivo de papa. En M. Cahupé y F. Gutheim. (Eds.), *Agricultura y ganadería pampeanas* (pp. 172-202). Eudem. https://www.researchgate.net/publication/256195293_Cultivo_de_papa
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de papa (Solanum tuberosum subsp. andigena y S. phureja). Medidas para la temporada ivernal*. <https://www.ica.gov.co/getattachment/b2645c33-d4b4-4d9d-84ac-197c55e7d3d0/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-la-papa-nbsp;--.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], Corporación Colombiana de Investigación Colombiana [CORPOICA], Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MINAGRICULTURA] y Federación Colombiana de Productores de Papa [FEDEPAPA]. (1997). *Manejo integrado de la polilla guatemalteca de la papa (Tecia solanivora)* (3^a ed.). Produmedios. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6446/1/166.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2022). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) abril 2022*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico.pdf
- Kroschel, J., Cañedo, V., Alcázar, J. y Miethbauer, T. (2012). *Guía de capacitación manejo de plagas de la papa en la región andina del Perú*. Centro Internacional de la Papa. <http://nrxms1019hx1xmtstxk3k9sko.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/publication%20files/booklets/005830.pdf>
- Larraín, P. (2001). *Polilla de la papa y su manejo. Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) géneros anteriores: *Gnorimoschema*. Inia Intihuasi. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/5015>
- Larraín, P., Guillon, M., Kalazich, J., Graña, F. y Vásquez, C. (2009). Effect of pheromone trap density on mass trapping of male Potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), and level of damage on potato tubers. *Chilean Journal of Agricultural*, 69(2), 281-285. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/chiljar/v69n2/at18.pdf>
- Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria. (2019, 29 de noviembre). Asamblea Nacional de la República del Ecuador. Oficio No. 919. http://www.epmrq.gob.ec/images/servicios/Reglamento_LOSA.pdf
- Lobos, E., Occhionero, M., Werenitzky, D., Fernández, J., González, L., Rodríguez, C., Calvo, C., López, G. y Oehlschlager, A. (2013). Optimization of a trap for *Tuta absoluta* Meyrich (Lepidoptera: Gelechiidae) and trials to determine the effectiveness of mass trapping. *Neotropical Entomology*, 42(5), 448-457. doi:10.1007/s13744-013-0141-5
- López-Ávila, A. y Espitia-Malagón, E. (2000). *Plagas y benéficos en el cultivo de la papa en Colombia. Boletín técnico divulgativo*. Produmedios. <https://library.co/document/zkw60opz-plagas-beneficos-cultivo-papa-colombia.html>

- López-Naranjo, A., Ramírez-Salas, A., Soto-Benítez, V. y Gavilanes-Sarmiento, R. (2022). El costo estándar y su aplicación en la producción agropecuaria en el Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 7(3), 51-71. doi:10.23857/pc.v7i3.3718
- Lucero, H. (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* [Tesis de maestría, Universidad de Cuenca]. Repositorio Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26518>
- Mamani, D. (2008). *Control biológico e interacción de baculovirus PoGV, y Bacillus thuringiensis var Kurstaki sobre polilla de la papa: Phthorimaea operculella (Zeller) y Symmetrischema tangolias (Gyen) [Lepidoptera: Gelechiidae]* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Marcos]. Archivo digital. <https://core.ac.uk/download/pdf/323345659.pdf>
- Manrique, Joe [@joemanrique]. (2019, 2 de diciembre). *¿Cuánto cuesta una tonelada de papa cuando se compra al productor agrícola?*. Quora. <https://es.quora.com/Cu%C3%A1ntos-cuesta-una-tonelada-de-papa-cuando-se-compra-al-productor-agr%C3%ADcola>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2018). *Boletín situacional de la papa*. MAG. <https://fliphtml5.com/ijia/bcva/basic>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2020, 12 de junio). *El concurso "Ecuador Full Papa" fomenta el consumo de papa en el país*. <https://www.agricultura.gob.ec/el-concurso-ecuador-full-papa-fomenta-el-consumo-de-papa-en-el-pais/#:~:text=Quito%2C%2012%20de%20junio%20de,de%2080%20millones%20de%20d%C3%B3lares>.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2021). *Boletín situacional cultivo de papa* (2ª. Ed.). MAG. <https://fliphtml5.com/ijia/sqty/basic>
- Oehlschlager, A., Chinchilla, C., Castillo, G., & González, L. (2002). Control of red ring disease by mass trapping of *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae). *The Florida Entomologist*, 85(3), 507-513. <https://www.jstor.org/stable/3496260>
- Ospina, R. (2012). Alternativa de aprovechamiento eficiente de residuos biodegradables: el caso del almidón residual derivado de la industrialización de la papa. *Escuela de Administración de Negocios*, 1(72), 182-192. <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/575/565>
- Oyarzún, P., Gallegos, P., Asaquibay, C., Forbes, G., Ochoa, J., Paucar, B., Prado, M., Revelo, J., Sherwood, S. y Yumisaca, F. (2002). Manejo integrado de plagas y enfermedades. En M. Pumisacho y S. Sherwood. (Eds.), *El cultivo de la papa en Ecuador* (pp. 85-169). Centro Internacional de la Papa. https://www.researchgate.net/publication/260827961_El_Cultivo_de_la_Papa_en_Ecuador
- Palacios, M. (1999). *Así vive la polilla de la papa. Manejo integrado de plagas*. Centro Internacional de la Papa. <https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/10/03-HojaPolilla150.pdf>
- Peña, L. y Yépes, B. (1997). *Biología y manejo de la polilla de la papa (Tecia solanivora)*. *Boletín divulgativo* N°2. CORPOICA.

https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/32550/39572_23496.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Pérez, W. y Forbes, G. (2011). *Guía de identificación de plagas que afectan a la papa en la zona andina*. Centro Internacional de la Papa. <https://cipotato.org/publications/guia-de-identificacion-de-plagas-que-afectan-a-la-papa-en-la-zona-andina/>
- Price-Gittinger, J. (1983). *Análisis económico de proyectos agrícolas* (2ª ed.). Tecnos. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/23841/UNN760PUB0SPAN00agricolas000Spanish.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Pumisacho, M. y Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador*. INIAP-CIP. https://www.researchgate.net/publication/260827961_El_Cultivo_de_la_Papa_en_Ecuador
- Pumisacho, M. y Velásquez, J. (2009). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores*. INIAP-COSUDE. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/840/4/iniapscm78.pdf>
- Raman, K. (1988). Control of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* with sex pheromones in Peru. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 21(2), 85-99. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(88\)90141-7](https://doi.org/10.1016/0167-8809(88)90141-7)
- Ríos, F. y Baca, P. (2006). *Niveles y umbrales de daños económicos de las plagas* (2ª ed.). Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central (PROMIPAC), Instituto de Nacional Tecnológico (INATEC) y Proyecto de Fortalecimiento e Integración de la Educación Media a los Procesos de Desarrollo Rural Sostenible y Combate a la Pobreza Educación en América Central (SICA-ZAMORANO-TAIWÁN). <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/16ecca50-98ca-4116-be3a-933d5a388603/content>
- Salazar, C. y Betancourth, C. (2009). Evaluación de extractos de plantas para el manejo de polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) en cultivos de papa en Nariño, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 219-226. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11197/11862>
- Sánchez, M. y Meza, R. (2015). Evaluación del rendimiento del cultivo de papa bajo la aplicación del riego deficitario (PRD) utilizando cintas de riego. *Anales Científicos*, 76(1), 21-28. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v76i1.760>
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA). (2000). *Manual de trampeo y muestreo de la red de monitoreo preventivo contra la polilla guatemalteca de la papa (Tecia solanivora)*. Povolny). SENASA. <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/12/Manual-Tecia-solanivora.pdf>
- Sistema de Información Pública Agropecuaria [SIPA] (2020, 20 de octubre). *Papa Súper Chola*. USD/kg. SIPA-MAG. <http://sinagap.mag.gob.ec/sina/paginasInfocentros/InfoProductor.aspx>
- Soria, A., Zeddan, J., Zuquillo, J., Dangles, O., Pumisacho, M. y Yumisaca, F. (2008). Biopesticide Development and Diffusion of Potato Moths Integrated Management to Strengthen food Security in the Ecuadorian Andes. *INIAP*.
- Suquillo, J., Barrera, V. y Gallegos, P. (2003). *Sistematización de tecnologías desarrolladas para el control de Tecia solanivora, dentro de un programa de manejo integrado de*

- Suquillo, J., Gallegos, P., Prado, M. y Rodríguez, P. (2004). Control de *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) en almacenamiento mediante asolación de papa para semilla. En A. Pollet, G. Onore, F. Chamorro y Á. Barragán. (Eds.), *Memorias II Taller Internacional de polilla guatemalteca. Avances en investigación y manejo integrado de la polilla guatemalteca de la papa Tecia solanivora* (pp. 53-56). https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-03/010036182.pdf
- Suquillo, J., Rodríguez, P., López, V. y Sevillano, C. (2011, 29 de junio). Monitoreo de poblaciones de polillas, especies y daños en semilla almacenada y cultivos de papa en la provincia del Carchi [Conferencia]. *IV Congreso Ecuatoriano de la Papa*, Guaranda, Ecuador. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4492>
- Toledo, M. (2016). *Manejo de la polilla de la papa (Tecia solanivora)*. IICA. <http://repiica.iica.int/docs/B4173e/B4173e.pdf>
- Torres, F. (1998). *Biología y Manejo Integrado de la polilla Centroamericana de la papa Tecia solanivora (Povolný) en Venezuela [Serie A-No. 14]*. IICA. <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2745/BVE17048775e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Trujillo, E. y Perera, S. (2011). *Estudio comparativo de dos feromonas sexuales y de dos tipos de trampas para la captura de adultos de la polilla guatemalteca de la papa* [Tesis de pregrado, Cabildo Insular de Tenerife]. Archivo digital. <https://docplayer.es/30854519-Estudio-comparativo-de-dos-feromonas-sexuales-y-de-dos-tipos-de-trampas-para-la-captura-de-adultos-de-la-polilla-guatemalteca-de-la-papa.html>
- Valencia, L. (1986). Las palomillas de la papa (Lepidoptera-Gelechiidae): Identificación, distribución y control. En L. Valencia. (Ed.), *Memorias del Primer curso internacional sobre control integrado de plagas de papa* (pp. 25-32). <https://www.yumpu.com/es/document/read/17459278/memorias-del-curso-sobre-de-plagas>
- Vasquez-Soberon, R., Zeddani, J., Vargas-Ramos, Z. y Lagnaoui, A. (2003). Producción viral y tasas de aplicación del granulovirus usado para el control biológico de las polillas de la papa *Phthorimaea operculella* y *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, 29(4), 659-667. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=838001>
- Vera, V., Gonzales, M., Chambilla, C. y Garrett, K. (2009). *Efecto de las variaciones climáticas en el comportamiento de dos polillas (Phthorimaea operculella y Symmetrischema tangolias) en el cultivo de papa en comunidades del Altiplano Central* [Tesis de pregrado, Instituto Politécnico y Universidad Estatal de Virginia]. Archivo digital. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnadv253.pdf
- Vignola, R., Watler, W., Vargas-Céspedes, A. y Morales, M. (2017). *Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de papa en Costa Rica*. CATIE-MINAE. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8214.pdf>
- Villanueva, D. y Saldamando, C. (2013). *Tecia solanivora*, Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae): una revisión sobre su origen, dispersión y estrategias de control biológico.

Ingeniería y Ciencia, 9(18), 197-214.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-91652013000200012

- Wilches-Ortiz, W., Espitia-Malagón, E. y Vargas-Díaz, R. (2022). Elementos del clima y su relación con la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolný, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 33(3), 48-66. doi: 10.15517/am.v33i3.48552
- Yumisaca, F., Asaquibay, C., Aucancela, R. y Castillo, C. (2019, del 27 al 28 de junio). Monitoreo del complejo de polillas de la papa en varias altitudes de Chimborazo [Conferencia]. *VIII Congreso Ecuatoriano de la Papa*, Ambato, Ecuador. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5360/1/iniapsc382o.pdf>
- Zeddám, J., Vasquez-Soberón, R., Vargas-Ramos, Z. y Lagnaoui, A. (2003). Producción viral y tasas de aplicación del granulovirus usado para el control biológico de las polillas de la papa *Phthorimaea operculella* y *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Boletín de sanidad vegetal, plagas*, 29(4), 659-667. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=838001>
- Zuñiga-Chila, S., Morales-Espioza, C. y Estrada-Martínez, M. (2017). Cultivo de la papa y sus condiciones climáticas. *Gestión Ingenio y Sociedad*, 2(2), 140-152. <http://gis.unicafam.edu.co/index.php/gis/article/view/60/95>

ANEXOS

Anexo 1. Medias y errores estándares de la interacción entre días después de la siembra, nivel y especie de polilla.

Días después siembra	Nivel	Especie	Variable	Media	Error estándar
15	2	<i>P. operculella</i>	npolillas	20.67	13.78
15	2	<i>S. tangolias</i>	npolillas	27.67	20.33
15	2	<i>T. solanivora</i>	npolillas	64.67	19.91
15	3	<i>P. operculella</i>	npolillas	21.00	8.89
15	3	<i>S. tangolias</i>	npolillas	34.00	22.27
15	3	<i>T. solanivora</i>	npolillas	69.33	27.95
30	2	<i>P. operculella</i>	npolillas	7.67	1.45
30	2	<i>S. tangolias</i>	npolillas	47.33	40.37
30	2	<i>T. solanivora</i>	npolillas	36.00	7.21
30	3	<i>P. operculella</i>	npolillas	7.00	2.00
30	3	<i>S. tangolias</i>	npolillas	53.50	16.63
30	3	<i>T. solanivora</i>	npolillas	38.50	8.85
45	2	<i>P. operculella</i>	npolillas	8.33	3.93
45	2	<i>S. tangolias</i>	npolillas	41.33	36.84
45	2	<i>T. solanivora</i>	npolillas	36.33	1.45
45	3	<i>P. operculella</i>	npolillas	7.67	4.06
45	3	<i>S. tangolias</i>	npolillas	63.00	28.05
45	3	<i>T. solanivora</i>	npolillas	57.67	7.39
60	2	<i>P. operculella</i>	npolillas	8.67	4.48
60	2	<i>S. tangolias</i>	npolillas	23.67	21.70
60	2	<i>T. solanivora</i>	npolillas	24.33	11.14
60	3	<i>P. operculella</i>	npolillas	10.67	5.33
60	3	<i>S. tangolias</i>	npolillas	27.50	8.74
60	3	<i>T. solanivora</i>	npolillas	52.75	17.99
75	2	<i>P. operculella</i>	npolillas	30.33	19.40
75	2	<i>S. tangolias</i>	npolillas	40.67	38.67
75	2	<i>T. solanivora</i>	npolillas	34.00	6.08
75	3	<i>P. operculella</i>	npolillas	22.33	11.46
75	3	<i>S. tangolias</i>	npolillas	38.00	12.46
75	3	<i>T. solanivora</i>	npolillas	55.44	15.19
90	2	<i>P. operculella</i>	npolillas	32.33	25.04
90	2	<i>S. tangolias</i>	npolillas	21.33	18.89
90	2	<i>T. solanivora</i>	npolillas	22.00	6.93
90	3	<i>P. operculella</i>	npolillas	29.00	12.66
90	3	<i>S. tangolias</i>	npolillas	31.29	8.99
90	3	<i>T. solanivora</i>	npolillas	36.30	14.12
105	2	<i>P. operculella</i>	npolillas	45.00	34.15
105	2	<i>S. tangolias</i>	npolillas	19.33	17.85
105	2	<i>T. solanivora</i>	npolillas	20.33	3.18
105	3	<i>P. operculella</i>	npolillas	40.67	21.37
105	3	<i>S. tangolias</i>	npolillas	17.86	4.88

105	3	<i>T. solanivora</i>	npolillas	30.36	2.24
120	2	<i>P. operculella</i>	npolillas	97.67	86.31
120	2	<i>S. tangolias</i>	npolillas	13.00	11.06
120	2	<i>T. solanivora</i>	npolillas	23.67	7.62
120	3	<i>P. operculella</i>	npolillas	36.75	20.27
120	3	<i>S. tangolias</i>	npolillas	21.14	4.71
120	3	<i>T. solanivora</i>	npolillas	21.64	3.95
135	2	<i>P. operculella</i>	npolillas	117.67	85.94
135	2	<i>S. tangolias</i>	npolillas	18.00	11.72
135	2	<i>T. solanivora</i>	npolillas	47.00	3.21
135	3	<i>P. operculella</i>	npolillas	30.80	8.24
135	3	<i>S. tangolias</i>	npolillas	21.29	4.34
135	3	<i>T. solanivora</i>	npolillas	30.82	3.97
150	2	<i>P. operculella</i>	npolillas	118.67	75.13
150	2	<i>S. tangolias</i>	npolillas	10.00	6.14
150	2	<i>T. solanivora</i>	npolillas	80.33	34.04
150	3	<i>P. operculella</i>	npolillas	36.60	10.51
150	3	<i>S. tangolias</i>	npolillas	18.86	4.22
150	3	<i>T. solanivora</i>	npolillas	72.18	22.05
165	2	<i>P. operculella</i>	npolillas	109.67	104.18
165	2	<i>S. tangolias</i>	npolillas	12.00	11.00
165	2	<i>T. solanivora</i>	npolillas	102.00	38.21
165	3	<i>P. operculella</i>	npolillas	14.17	3.74
165	3	<i>S. tangolias</i>	npolillas	8.43	2.97
165	3	<i>T. solanivora</i>	npolillas	32.08	5.06
171	2	<i>P. operculella</i>	npolillas	1.00	0.00
171	2	<i>S. tangolias</i>	npolillas	0.00	0.00
171	2	<i>T. solanivora</i>	npolillas	58.00	0.00
171	3	<i>P. operculella</i>	npolillas	0.00	0.00
171	3	<i>S. tangolias</i>	npolillas	0.00	0.00
171	3	<i>T. solanivora</i>	npolillas	5.67	1.45

Anexo 2. Medias y errores estándares de la interacción entre días después de la siembra, nivel, especie de polilla y número de trampas.

Días después siembra	Nivel	Especie	Variable	Media	Error estándar
15	2	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
15	2	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	1.00	0.00
15	2	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	1.00	0.00
15	3	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
15	3	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	1.00	0.00
15	3	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	1.00	0.00
30	2	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
30	2	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	1.00	0.00
30	2	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	1.00	0.00
30	3	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
30	3	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	1.33	0.33
30	3	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	1.33	0.33
45	2	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
45	2	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	1.00	0.00
45	2	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	1.00	0.00
45	3	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
45	3	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	1.67	0.67
45	3	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	2.00	0.00
60	2	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
60	2	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	1.00	0.00
60	2	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	1.00	0.00
60	3	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
60	3	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	2.00	1.00
60	3	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	2.33	0.33
75	2	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
75	2	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	1.00	0.00
75	2	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	1.00	0.00
75	3	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
75	3	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	2.00	1.00
75	3	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	2.67	0.33
90	2	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
90	2	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	1.00	0.00
90	2	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	1.00	0.00
90	3	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
90	3	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	2.33	1.33
90	3	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	3.00	0.58
105	2	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
105	2	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	1.00	0.00
105	2	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	1.00	0.00
105	3	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.33	0.33
105	3	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	2.33	1.33
105	3	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	3.33	0.88

120	2	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
120	2	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	1.00	0.00
120	2	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	1.00	0.00
120	3	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.33	0.33
120	3	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	2.33	1.33
120	3	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	3.33	0.88
135	2	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
135	2	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	1.00	0.00
135	2	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	1.00	0.00
135	3	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.67	0.33
135	3	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	2.33	1.33
135	3	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	3.33	0.88
150	2	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
150	2	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	1.00	0.00
150	2	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	1.00	0.00
150	3	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.67	0.33
150	3	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	2.33	1.33
150	3	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	3.33	0.88
165	2	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
165	2	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	1.00	0.00
165	2	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	1.00	0.00
165	3	<i>P. operculella</i>	ntrampas	2.00	0.58
165	3	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	2.33	1.33
165	3	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	3.67	1.20
171	2	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
171	2	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	1.00	0.00
171	2	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	1.00	0.00
171	3	<i>P. operculella</i>	ntrampas	1.00	0.00
171	3	<i>S. tangolias</i>	ntrampas	1.00	0.00
171	3	<i>T. solanivora</i>	ntrampas	2.00	0.00

Anexo 3. Medias y errores estándares de la interacción entre incidencia de la plaga en el tubérculo de papa y nivel basado en el número de trampas con feromona sexual.

Nivel	Medias	Error estándar	Rangos
1	29.82	3.42	A
2	15.86	3.58	B
3	11.92	3.50	B

Anexo 4. Medias y errores estándares de la interacción entre nivel y rendimiento del cultivo de papa (T ha-1).

Nivel	Medias	Error estándar	Rango
3	29.27	9.28	A
2	26.12	9.28	A
1	24.50	9.28	A

Anexo 5. Medias y errores estándares de la interacción para nivel, especie de polilla y número de polillas adultas en postcosecha.

Nivel	Especie	Variable	Media	Error estándar
1	<i>P. operculella</i>	Npolillas	1.33	1.33
1	<i>S. tangolias</i>	Npolillas	0.67	0.67
1	<i>T. solanivora</i>	Npolillas	3.67	1.76
2	<i>P. operculella</i>	Npolillas	0.33	0.33
2	<i>S. tangolias</i>	Npolillas	0.00	0.00
2	<i>T. solanivora</i>	Npolillas	0.33	0.33
3	<i>P. operculella</i>	Npolillas	0.67	0.33
3	<i>S. tangolias</i>	Npolillas	0.33	0.33
3	<i>T. solanivora</i>	Npolillas	0.33	0.33

Anexo 6. Costo de producción de una hectárea de papa del cantón Ibarra sector Yuracruz Alto.

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	%
A. COSTOS DIRECTOS (CD)					
1. PREPARACIÓN DEL SUELO					
Arada y cruza	horas/tractor	3	20.00	60.00	
Surcado	jornal	6	12.00	72.00	
Subtotal				132.00	3%
2. MANO DE OBRA					
Siembra	jornal	18	12.00	216.00	
Fertilización	jornal	8	12.00	96.00	
Aplicación de agroquímicos	jornal	22	12.00	264.00	
Deshierba	jornal	20	12.00	240.00	
Aporque	jornal	22	12.00	264.00	
Cosecha	jornal	23	20.00	460.00	
Subtotal				1540.00	33%
3. INSUMOS					
Semilla	qq	45	16.25	731.25	
Fertilizantes químicos	sacos (50 kg)	34	31.13	1068.69	
Agroquímicos (Insecticidas/Plaguicidas)	aplicaciones	13	61.25	796.25	
Subtotal				2596.19	55%
SUBTOTAL CD				4268.19	90%
B. COSTOS INDIRECTOS (CI)					
Transporte	galón gasolina	26	2.55	66.63	
Arriendo terreno	ha/ciclo			180.00	
Interés de crédito (5% del CD)				213.41	
SUBTOTAL CI				460.04	10%
TOTAL, DE COSTOS CD+CI				4728.23	100%

Anexo 7. Costo de producción de una hectárea de papa en el cantón Antonio Ante sector Los Óvalos Alto.

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	%
A. COSTOS DIRECTOS (CD)					
1. PREPARACIÓN DEL SUELO					
Arada y cruza	horas/tractor	2,50	20.00	50.00	
Surcado	diario/tiro animal	1,50	40.00	60.00	
Subtotal				110.00	2%
2. MANO DE OBRA					
Siembra	jornal	16,00	12.00	192.00	
Fertilización	jornal	7,00	12.00	84.00	
Aplicación de agroquímicos	jornal	20,00	12.00	240.00	
Deshierba	jornal	21,00	12.00	252.00	
Aporque	jornal	22,00	12.00	264.00	
Cosecha	jornal	24,00	20.00	480.00	
Subtotal				1512.00	31%
3. INSUMOS					
Semilla	qq	38,00	16.00	608.00	
Fertilizantes químicos	sacos (50 kg)	40,93	32.50	1330.08	
Agroquímicos (Insecticidas/Plaguicidas)	aplicaciones	10,00	63.80	638.00	
Subtotal				2576.08	53%
SUBTOTAL CD				4198.08	87%
B. COSTOS INDIRECTOS (CI)					
Transporte	galón gasolina	12,00	2.55	30.60	
Arriendo terreno	ha/ciclo			400.00	
Interés de crédito (5% del CD)				209.90	
SUBTOTAL CI				640.50	13%
TOTAL, DE COSTOS CD+CI				4838.59	100%

Anexo 8. Costo de producción de una hectárea de papa en el cantón Cotacachi sector Imantag.

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	%
A. COSTOS DIRECTOS (CD)					
1. PREPARACIÓN DEL SUELO					
Arada y cruza	horas/tractor	2.5	20.00	50.00	
Surcado	diario/tracción animal	2	40.00	80.00	
Subtotal				130.00	3%
2. MANO DE OBRA					
Siembra	jornal	19	12.00	228.00	
Riego	jornal	10	12.00	120.00	
Fertilización	jornal	9	12.00	108.00	
Aplicación de agroquímicos	jornal	20	12.00	240.00	
Deshierba	jornal	12	12.00	144.00	
Aporque	jornal	15	12.00	180.00	
Cosecha	jornal	23	12.00	276.00	
Subtotal				1296.00	27%
3. INSUMOS					
Semilla	qq	43	16.25	698.75	
Fertilizantes químicos	sacos (50 kg)	37,43	31.13	1165.20	
Agroquímicos (Insecticidas/Plaguicidas)	aplicaciones	15	57.65	864.75	
Subtotal				2728.70	56%
SUBTOTAL CD				4154.70	86%
B. COSTOS INDIRECTOS (CI)					
Transporte	galón gasolina	14	2.55	35.70	
Arriendo terreno	ha/ciclo			450.00	
Interés de crédito (5% del CD)				207.73	
SUBTOTAL CI				693.43	14%
TOTAL, DE COSTOS CD+CI				4848.13	100%

Anexo 9. Ingreso económico por producción vendida de una hectárea de papa de cada nivel de las tres localidades de Imbabura.

Ubicación	Bloque	Nivel	Categoría	kg/ha	Precio (USD/Kg)	Ingresos (USD/ha)
Ibarra-Yuracruz Alto	1	1	Primera	7652.1	0.35	2678.24
			Segunda	3546.1	0.16	567.38
			Tercera	1679.7	0.008	13.44
Antonio Ante-Los Óvalos Alto	2	1	Primera	22323.1	0,35	7813.08
			Segunda	11533.6	0.16	1845.38
			Tercera	4464.6	0.01	35.72
Cotacachi-Imantag	3	1	Primera	3714.7	0.35	1300.15
			Segunda	8172.4	0.16	1307.58
			Tercera	10401.2	0.008	83.21
Ibarra-Yuracruz Alto	1	2	Primera	9925.6	0.35	3473.95
			Segunda	8684.9	0.16	1389.58
			Tercera	4962.8	0.008	39.70
Antonio Ante-Los Óvalos Alto	2	2	Primera	29454.4	0.35	10309.03
			Segunda	13157.9	0.16	2105.26
			Tercera	3862.9	0.008	30.90
Cotacachi-Imantag	3	2	Primera	1662.0	0.35	581.72
			Segunda	2908.6	0.16	465.37
			Tercera	3739.6	0.008	29.92
Ibarra-Yuracruz Alto	1	3	Primera	9090.9	0.35	3181.82
			Segunda	7792.2	0.16	1246.75
			Tercera	5194.8	0.008	41.56
Antonio Ante-Los Óvalos Alto	2	3	Primera	30902.0	0.35	10815.70
			Segunda	13363.0	0.16	2138.08
			Tercera	2784.0	0.008	22.27
Cotacachi-Imantag	3	3	Primera	4672.9	0.35	1635.51
			Segunda	8177.6	0.16	1308.41
			Tercera	5841.1	0.008	46.73