

EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA FEROMONA SEXUAL DE *Tecia solanivora*
(Polvony)(Lepidoptera: Gelechiidae) PARA SU MONITOREO EN EL CULTIVO DE PAPA
EN EL CERRITO, SANTANDER



Presentado por:

José Armando Ramírez Peña

Universidad de Pamplona
Faculta de Ciencias Agrarias
Programa de Ingeniería Agronómica
Pamplona – Norte de Santander

2024

EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA FEROMONA SEXUAL DE *Tecia solanivora*
(Polvony) (Lepidoptera: Gelechiidae) PARA SU MONITOREO EN EL CULTIVO DE PAPA
EN EL CERRITO, SANTANDER



Trabajo de grado bajo la modalidad de investigación presentado como requisito parcial para
optar el título de Ingeniero Agrónomo.

José Armando Ramírez Peña

Director:

Dr. Oscar Fernando Santos Amaya

Universidad de Pamplona
Faculta de Ciencias Agrarias
Programa de Ingeniería Agronómica
Pamplona – Norte de Santander

2024

Dedicatoria

A Dios, fuente inagotable de fortaleza y guía en cada paso de este camino. Por ser el faro que ilumina incluso en los momentos más oscuros, gracias por llenarme de sabiduría y perseverancia para alcanzar esta meta.

A mi madre, Ana Lucia Peña Vera. Gracias por ser mi refugio en las tormentas, mi impulso en las caídas y mi alegría en los triunfos. Tu amor, tus palabras de aliento y tu fe inquebrantable me dieron la fuerza para continuar cuando parecía imposible. Este logro es tanto tuyo como mío.

Agradecimientos

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi tutor, Dr. Óscar Fernando Santos Amaya por su invaluable constancia, paciencia y dedicación a lo largo de este proceso. Su guía, sus observaciones precisas y su compromiso fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación. Agradezco profundamente el tiempo que dedicó a supervisar cada detalle, siempre dispuesto a brindar su apoyo y compartir su experiencia con generosidad.

Extiendo también mi gratitud a los agricultores de la vereda El Volcán, en el municipio de El Cerrito, quienes abrieron las puertas para que este trabajo se llevara a cabo. Su disposición, confianza y colaboración fueron esenciales para lograr los objetivos planteados. Este esfuerzo no habría sido posible sin su participación y espíritu de apoyo.

A cada uno de ustedes, gracias por ser parte de este camino.

1. Tabla de contenido

2.	Resumen	15
3.	Introducción.....	16
4.	Planteamiento del problema	17
5.	Justificación.....	18
6.	Delimitación	19
7.	Objetivos.....	19
7.1	Objetivo general.....	19
7.2	Objetivos específicos	19
8.	Marco teórico.....	19
8.1	Antecedentes	19
8.1.1	Internacionales	19
8.1.2	Nacionales.....	20
8.1.3	Regionales.....	21
9.	Marco contextual	21
9.1	Generalidades cultivo de papa (<i>S. tuberosum</i>).....	21
9.2	Insectos plagas del cultivo de papa.....	22
9.3	Generalidades polilla guatemalteca (<i>T. Solanivora</i>).....	22
9.3.1	Ciclo de vida	22
9.3.2	Huevo.....	23
9.3.3	Larva	23
9.3.4	Pupa.....	24
9.3.5	Adulto	24
9.3.6	Comportamiento	24
9.3.7	Dispersión	25

9.3.8	Daños en el cultivo de papa	25
9.4	Controles de <i>T. solanivora</i>	26
9.4.1	Control Cultural	26
9.4.2	Control biológico	26
9.4.3	Control químico	26
9.5	Feromonas sexuales	27
9.5.1	Características de las feromonas	28
9.5.2	Uso de feromonas	28
9.5.3	Manejos masivos.....	29
9.6	Muestreos.....	29
9.6.1	Muestreo trampa de feromona	29
9.6.2	Muestreo <i>in situ</i>	30
9.7	Bases conceptuales.....	30
9.8	Marco conceptual.....	31
9.8.1	Ubicación	31
9.9	Marco Legal	32
10.	Metodología	35
10.1	Localización de la investigación.....	35
10.2	Tipo de investigación.....	36
10.3	Diseño Metodológico y/o experimental.....	36
10.3.1	Descripción de la feromona	37
10.3.2	Descripción de la trampa	38
10.4	Variables para medir	38
10.4.1	Conteo de individuos capturados por trampa.....	38
10.4.2	Tubérculos afectados	39
10.4.3	Correlación entre captura de machos adultos en trampas, tubérculos afectados. .	39
10.5	Objetivo 1:	39
10.5.1	Muestreo para incidencia feromona sexual.....	39
10.5.2	Muestreo <i>In situ</i>	40

10.5.3	Determinación coeficiente de correlación incidencia feromona/ <i>in situ</i>	41
10.6	Objetivo 2:	42
10.6.1	Encuesta	42
11.	Resultados y discusión.....	43
11.1	Objetivo 1.....	43
11.1.1	Incidencia feromona/ <i>in situ</i> con correlaciones por predio	43
11.1.2	Predio 1	43
11.1.3	Predio 2	45
11.1.4	Predio 3	47
11.1.5	Predio 4	49
11.1.6	Predio 5	51
11.1.7	Predio 6	53
11.1.8	Predio 7	55
11.1.9	Predio 8	57
11.1.10	Predio 9	59
11.1.11	Predio 10	61
11.1.12	Predio 11	63
11.1.13	Predio 12	64
11.1.14	Predio 13	66
11.1.15	Predio 14	68
11.1.16	Predio 15	69
11.1.17	Incidencia <i>in situ</i> (tubérculos/afectados/día-1) y feromona (individuos/trampa-1/día-1) total 15 predios.....	71
11.1.18	Correlación feromona/ <i>in situ</i> 15 predios.....	72
11.2	Objetivo 2.....	73
12.	Discusión.....	76
13.	Conclusiones	77
14.	Recomendaciones	78

15.	Referencias bibliográficas.....	78
16.	Anexos	88

Lista de figuras

Figura 1. <i>Ciclo de vida de T. solanivora. a. Huevo, b. Larva, c. Pupa, d. Adulto</i> Fuente: (Valbuena et al., 2019).	23
Figura 2. <i>Localización del área de estudio donde se desarrolló el trabajo.</i>	32
Figura 3. <i>En este mapa se presentan los polígonos de delimitación en predios de cultivo de papa, vereda el volcán, Municipio, Cerrito, Santander, 2024</i>	35
Figura 4. <i>Instalación trampa con feromona en predio. A. Soporte para la trampa, B. Cortes para ventanas de la trampa, C. Feromona utilizada, D. Trampa con feromona instalada.</i>	36
Figura 5. <i>A. Variable X (Muestreo feromona), B. Variable Y (Muestreo in situ).</i>	37
Figura 6. <i>Promedio de captura diaria de polillas de T. solanivora con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de T. solanivora en el predio 1, vereda el Volcán, municipio de Cerrito, Santander.</i>	44
Figura 7. <i>Promedio de captura diaria de polillas de T. solanivora con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de T. solanivora en el predio 2, del municipio de cerrito, Santander.</i>	46
Figura 8. <i>Promedio de captura diaria de polillas de T. solanivora con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de T. solanivora en el predio 3, del municipio de cerrito, Santander.</i>	48
Figura 9. <i>Promedio de captura diaria de polillas de T. solanivora con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de T. solanivora en el predio 4, del municipio de cerrito, Santander.</i>	50

Figura 10. <i>Promedio de captura diaria de polillas de T. solanivora con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de T. solanivora en el predio 5, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.</i>	52
Figura 11. <i>Promedio de captura diaria de polillas de T. solanivora con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de T. solanivora en el predio 6, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.</i>	54
Figura 12. <i>Promedio de captura diaria de polillas de T. solanivora con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de T. solanivora en el predio 7, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.</i>	56
Figura 13. <i>Promedio de captura diaria de polillas de T. solanivora con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de T. solanivora en el predio 8, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.</i>	58
Figura 14. <i>Promedio de captura diaria de polillas de T. solanivora con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de T. solanivora en el predio 9, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.</i>	60
Figura 15. <i>Promedio de captura diaria de polillas de T. solanivora con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de T. solanivora en el predio 10, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.</i>	62
Figura 16. <i>Promedio de captura diaria de polillas de T. solanivora con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de T. solanivora en el predio 11, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.</i>	63

Figura 17. <i>Promedio de captura diaria de polillas de T. solanivora con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de T. solanivora en el predio 12, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.</i>	65
Figura 18. <i>Promedio de captura diaria de polillas de T. solanivora con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de T. solanivora en el predio 13, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.</i>	67
Figura 19. <i>Promedio de captura diaria de polillas de T. solanivora con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de T. solanivora en el predio 14, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.</i>	68
Figura 20. <i>Promedio de captura diaria de polillas de T. solanivora con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de T. solanivora en el predio 15, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.</i>	70
Figura 21. <i>Promedio de captura diaria de polillas de T. solanivora con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de T. solanivora en los 15 predios totales, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander. Media= Promedio de los datos de individuos/trampa/día y % tubérculos afectados hallados entre los 10 muestreos por día</i>	71
Figura 22. <i>A. Capturas de T. solanivora en trampas con feromona B. Daño de entrada causado por T. solanivora al tubérculo C. Conteo de polillas en colador D. Tubérculos sanos y afectados.</i>	88
Figura 23. <i>Tubérculos observados en planta de papa</i>	89
Figura 24. <i>Muestreo In situ planta de papa</i>	90
Figura 25. <i>Tubérculo con daño de salida de T. solanivora.....</i>	91

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Normograma</i>	32
Tabla 2 <i>Interpretación de los resultados de la correlación de Pearson (r)</i>	42
Tabla 3 <i>Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 1</i>	45
Tabla 4 <i>Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 2</i>	46
Tabla 5 <i>Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 3</i>	49
Tabla 6 <i>Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 4</i>	51
Tabla 7 <i>Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 5</i>	53
Tabla 8 <i>Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 7</i>	55
Tabla 9 <i>Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 7</i>	57
Tabla 10 <i>Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 8</i>	59
Tabla 11 <i>Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 9</i>	60
Tabla 12 <i>Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 10</i>	62

Tabla 13 <i>Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 11</i>	64
Tabla 14 <i>Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 12</i>	65
Tabla 15 <i>Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 13</i>	67
Tabla 16 <i>Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 14</i>	69
Tabla 17 <i>Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 15</i>	70
Tabla 18 <i>Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Total 15 predios</i>	72
Tabla 19 <i>Esquema de rotación, estrategia para polilla guatemalteca (T. solanivora)</i>	75
Tabla 20 <i>Datos predio 1</i>	91
Tabla 21 <i>Control químico insecticidas predio 1</i>	91
Tabla 22 <i>Datos predio 2</i>	92
Tabla 23 <i>Control químico insecticidas predio 2</i>	92
Tabla 24 <i>Datos predio 3</i>	93
Tabla 25 <i>Control químico insecticidas predio 3</i>	93
Tabla 26 <i>Datos predio 4</i>	93
Tabla 27 <i>Control químico insecticidas predio 4</i>	94
Tabla 28 <i>Datos predio 5</i>	94
Tabla 29 <i>Control químico insecticidas predio 5</i>	94

Tabla 30 <i>Datos predio 6</i>	95
Tabla 31 <i>Control químico insecticidas predio 6</i>	95
Tabla 32 <i>Datos predio 7</i>	95
Tabla 33 <i>Control químico insecticidas predio 7</i>	95
Tabla 34 <i>Datos predio 8</i>	96
Tabla 35 <i>Control químico insecticidas predio 8</i>	96
Tabla 36 <i>Datos predio 9</i>	97
Tabla 37 <i>Control químico insecticidas predio 9</i>	97
Tabla 38 <i>Datos predio 10</i>	97
Tabla 39 <i>Control químico insecticidas predio 10</i>	97
Tabla 40 <i>Datos predio 11</i>	98
Tabla 41 <i>Control químico insecticidas predio 11</i>	98
Tabla 42 <i>Datos predio 12</i>	99
Tabla 43 <i>Control químico insecticidas predio 12</i>	99
Tabla 44 <i>Datos predio 13</i>	99
Tabla 45 <i>Control químico insecticidas predio 13</i>	100
Tabla 46 <i>Datos predio 14</i>	100
Tabla 47 <i>Control químico insecticidas predio 14</i>	100
Tabla 48 <i>Datos predio 15</i>	100
Tabla 49 <i>Control químico insecticidas predio 15</i>	101

2. Resumen

La polilla guatemalteca, *Tecia solanivora* (Povolny), es la principal plaga del cultivo de la papa en Colombia, debido a que ocasiona significativas pérdidas económicas en este cultivo. La principal forma de control de *T. solanivora* son los insecticidas de síntesis química, sin embargo, su uso de forma inadecuada ha generado el surgimiento de poblaciones resistentes de esta especie en cultivos de papa. Una estrategia promisorio para el control de esta plaga es el uso de feromonas sexuales, pero existe grandes vacíos de conocimiento relacionados sobre la eficiencia de esta estrategia en Colombia. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad de la feromona sexual de *T. solanivora* para monitorear la incidencia de esta plaga en el cultivo de papa en el Cerrito, Santander. Los resultados indican, que existe una correlación negativa entre el número de adultos capturados y la incidencia de daño en los tubérculos. Adicionalmente, que la trampa puede usarse como medida de control, pues tiene un significativo poder de captura de adulto, lo cual, teóricamente baja la incidencia en campo. Adicionalmente, se estableció que la trampa con feromona sexual en asociación con el control químico puede ser usados dentro del MIP de *T. solanivora* en la región de Cerrito, Santander.

Palabras clave: Polilla guatemalteca, Control etológico, Manejo Integrado de Plagas

Abstract

Tecia solanivora (Povolny), is the main pest of the potato crop in Colombia, as it causes significant economic losses in this crop. The main way of controlling *T. solanivora* is with chemical insecticides, however, their inappropriate use has generated the emergence of resistant populations of this species in potato crops. A promising strategy for the control of this pest is the use of sexual pheromones, but there are large gaps in knowledge related to the efficiency of this strategy in Colombia. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effectiveness of the sexual pheromone of *T. solanivora* to monitor the incidence of this pest in the potato crop in Cerrito, Santander. The results indicate that there is a negative correlation between the number of adults captured and the incidence of damage to the tubers. Additionally, the trap can be used as a control measure, as it has a significant power to capture adults, which theoretically lowers the incidence in the field. Additionally, it was established that the sexual pheromone trap in association with chemical control can be used within the IPM of *T. solanivora* in the Cerrito region, Santander.

Keywords: Guatemalan moth, Ethological control, Integrated Pest Management

3. Introducción

Según la FAO el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) es considerado el cuarto cultivo con mayor importancia a nivel mundial después del maíz, trigo y el arroz. Para el año 2021 la producción de papa alcanzo los 376 millones de toneladas con más de 18 millones de hectáreas cosechadas. Colombia es uno de los principales productores de papa en América Latina con una amplia variedad de cultivos que se adaptan con facilidad a diferentes climas y suelos, este cultivo es de suma importancia a nivel nacional debido a su aporte económico y a la generación de empleo (FEDEPAPA, 2020). Se estima que genera más de 20 millones de jornales al año y de él depende el sustento de más de 100.000 familias. Alrededor del mismo se ha desarrollado una amplia cadena productiva conformada por los productores, las industrias de insumos, empaques, procesamiento, transporte y comercio, su consumo, su distribución. (Restrepo, 2023)

El cultivo de la papa se ve afectado por muchas plagas, entre ellas la polilla de guatemalteca, *T. solanivora*, la cual, es una de las que causa mayor impacto económico para este cultivo en Centro y Sur América (Villanueva & Saldamandro, 2013). La Polilla de la Papa, es originaria de Guatemala, de donde se dispersó a países de Centro América y Venezuela (ICA, 2016). Esta especie ataca únicamente al cultivo de papa causando daños a los tubérculos (López, 1996). Algunos factores ambientales y de manejo han contribuido a la diseminación y el establecimiento de la *T. solanivora* en departamentos como Antioquia, Boyacá, Cundinamarca y Norte de Santander (ICA, 2016). Entre estos factores se destacan las condiciones climáticas durante las estaciones secas, el uso de tubérculo-semilla de baja calidad, el transporte de material de siembra y de tubérculos para consumo humano e industrial, así como la limitada rotación de cultivos en las áreas dedicadas a la papa, entre otros factores. (Rosero, 1997).

Debido a que la polilla guatemalteca es una plaga introducida no tiene enemigos naturales autóctonos específicos. Este factor, sumado a condiciones ambientales favorables y a la falta de un control químico eficaz, ha permitido el rápido crecimiento y establecimiento de sus poblaciones (Espinel et al., 2009; Rincón, 2002). Otra estrategia de control para *T. solanivora* ha sido el uso de feromonas, las cuales, son sustancias químicas producidas por los insectos para inducir una determinada respuesta conductual en individuos de la misma especie (Bosa et al., 2005). La importancia de las estrategias basadas en feromonas se ve enfatizada por los problemas cada vez mayores asociados con el uso de plaguicidas convencionales (Reddy & Guerrero, 2010). Por ejemplo, en Colombia, los insecticidas sintéticos son la principal forma de

control para esta plaga, lo cual se ha asociado con el surgimiento de poblaciones de *T. solanivora* resistentes a los principales grupos de insecticidas (Bacca et al., 2017).

El control de insectos mediante feromonas por sí solo tiene sus límites, pero puede utilizarse dentro del Manejo Integrado de Plagas (MIP) (Howse et al., 2013). Este enfoque de MIP incluye la identificación de las plagas, umbrales de acción establecidos, monitoreo, prevención y control con estrategias de bajo impacto ambiental (Reddy & Guerrero, 2010). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de feromonas sexuales dentro del contexto del MIP de *T. solanivora* en cultivos de papa de en el cerrito, Santander. Con esta información se optimiza el uso de las feromonas sexuales en *T. solanivora* para el monitoreo y/o control *T. solanivora* en la región papera del departamento de Santander.

4. Planteamiento del problema

Según la FEDEPAPA, (2018), el sistema productivo de papa (*S. tuberosum*) de los departamentos de Santander y Norte de Santander, representan el 6% de la producción nacional. El área sembrada en estos departamentos se estima en 8.204 hectáreas (FEDEPAPA,2020).

Entre los problemas fitosanitarios más limitantes de este cultivo se encuentran los ocasionados en los tubérculos por la polilla guatemalteca *T. solanivora* (Villanueva & Saldamandro, 2013). Esta plaga puede causar perdidas hasta del 17,6 % (FONTAGRO, 2023). Los tubérculos afectados por *T. solanivora* adquieren una tonalidad oscura debido a la formación de galerías donde se acumulan restos de alimentación, excrementos, exuvias larvales y moho (Villanueva & Saldamando, 2013). Para mitigar los daños causados por la polilla guatemalteca en los tubérculos, se ha recurrido principalmente al uso de insecticidas de síntesis química como clorpirifos, profenofos y Metomil. (ICA, 2011; Bacca et al., 2017). Se ha demostrado que el uso incorrecto de estos insecticidas puede contaminar el agua, el aire y el suelo, afectando a los organismos vivos que habitan en estos ambientes y perjudicando la salud de los agricultores (Ansari et al., 2014). Además, en algunas partes del país los agricultores hacen uso excesivo de estos productos, con hasta 18 aplicaciones por ciclo de cultivo, lo que ha contribuido al surgimiento de poblaciones resistentes de *T. solanivora* (Villanueva & Saldamando, 2013; Bacca et al., 2017).

Por lo anterior, buscar estrategias de manejo alternativas al control químico para *T. solanivora*, es importante para mitigar las pérdidas ocasionadas por esta plaga en el cultivo de papa. Al respecto las feromonas sintéticas se presentan como una alternativa con bajo impacto ambiental para monitorear y/o bajar las densidades poblaciones de esta plaga dentro de un esquema

de MIP (Bosa et al., 2005). Sin embargo, en Colombia y específicamente en la región de Cerrito (Santander) existe poca información relacionada con la capacidad de esta herramienta para monitorear la densidad poblacional de *T. solanivora*. La falta de esta información ha generado desconfianza por parte de los agricultores para su uso, lo cual, ha impedido que esta herramienta se incluya dentro del MIP para *T. solanivora*.

Por lo tanto, este estudio pretende responder la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la capacidad de las feromonas sexuales para monitorear poblaciones de *T. solanivora* en cultivos de papa de la vereda el Volcán del municipio del Cerrito, Santander?

5. Justificación

La papa es el cuarto cultivo en producción a nivel mundial, por debajo del trigo, arroz y maíz (Gopal y Khurana, 2006), Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2021), en Colombia el 90% de la producción de papa en Colombia está concentrada en cuatro departamentos: Cundinamarca (37%), Boyacá (27%), Nariño (20%) y Antioquia (6%). Esta producción se caracteriza por ser de minifundio. El 95% de los productores siembran menos de 3 ha, siendo el 80% menos de 1 ha. Del total del área sembrada, sólo el 4% se siembra con semilla certificada (FEDEPAPA, 2021). La papa contribuye con el 3,3% del PIB agropecuario. Del total de papa comercializada en el país, el 94% se consume en fresco, mientras que el 6% restante es utilizado por la industria de procesamiento. La cadena de producción de papa genera anualmente cerca de 264 mil empleos, de los cuales aproximadamente 75 mil son directos y alrededor de 189 mil son indirectos. En Colombia, unas 100 mil familias se dedican al cultivo de la papa en 9 departamentos y 283 municipios (Ortega y Chansoy, 2022).

La polilla guatemalteca es la plaga que produce mayores pérdidas económicas durante el periodo seco en campo en el cultivo de papa (ICA, 2016). Para mitigar los daños causados por la polilla en los tubérculos, se ha recurrido principalmente al uso de insecticidas de síntesis química (ICA, 2011), sin embargo, esto ha ocasionado surgimiento de poblaciones resistentes a algunos de los grupos químicos usados para su control (Bacca et al., 2017). El ICA, realiza el monitoreo de la plaga a nivel nacional y lleva a cabo actividades de comunicación del riesgo a través de reuniones centradas en la prevención, control y manejo del insecto. Estas acciones tienen como objetivo proporcionar a los productores las herramientas necesarias para proteger sus cultivos. Debido a esta plaga, se emplean insecticidas químicos tan pronto como comienza la tuberización (ICA, 2016). Una de las recomendaciones del ICA, es incluir en el MIP de *T. solanivora* el uso de las

feromonas sexuales como parte de su monitoreo. Sin embargo, existe poca información sobre la efectividad de esta herramienta en condiciones de campo en el país. Por lo anterior, el objetivo de esta propuesta fue determinar la efectividad de las feromonas sexuales de *T. solanivora* para monitorear la incidencia de esta plaga en condiciones de campo. Los resultados de esta investigación aportan información para la generación de estrategias de control alternativas al uso de insecticidas químicos para el control de *T. solanivora*, y así, contribuir al manejo sostenible del cultivo de la papa, el cual es de significativa importancia para el país.

6. Delimitación

El proyecto se delimita al estudio de la efectividad de la feromona sexual de *T. solanivora* en el municipio del Cerrito, Santander, durante el segundo semestre del 2024.

Las poblaciones serán monitoreadas en 15 predios de la vereda el Volcán en el municipio del Cerrito, Santander, esto durante el segundo semestre del Año 2024.

7. Objetivos

7.1 Objetivo general

- Evaluar la efectividad de la feromona sexual de *T. solanivora* (Polvony) (Lepidoptera: Gelechiidae) en el monitoreo de adultos en el cultivo de papa en el Cerrito, Santander.

7.2 Objetivos específicos

- Correlacionar la incidencia de *T. solanivora* encontrada en las trampas cebadas con feromona sexual con el muestreo *in situ* en el cultivo de la papa.
- Proponer una estrategia de manejo de *T. solanivora* con base en el manejo químico que realizan los agricultores y el uso de feromonas sexuales en el cultivo de papa en el Cerrito, Santander.

8. Marco teórico

8.1 Antecedentes

8.1.1 Internacionales

El trabajo de Álvaro R Barragán y otros autores en el 2004. La relevancia de esta investigación radica en su enfoque en el uso de feromonas para el monitoreo y control de *T. solanivora*, destacando cómo estas sustancias pueden ser utilizadas para atraer a los machos de la

polilla, facilitando así la evaluación de la población y la implementación de estrategias de manejo más efectivas. Los resultados del trabajo sugirieron que el uso de feromonas no solo mejora el diagnóstico de la plaga, sino que también contribuye al desarrollo de métodos de control más sostenibles y específicos, optimizando la intervención en los cultivos y reduciendo el uso de insecticidas (Barragán et al., 2004).

El trabajo realizado en el año 2023 por Ana Piedra-Buena Díaz y sus colaboradores, se enfocaron en evaluar la efectividad de diferentes atrayentes en la captura de *T. solanivora* en los cultivos de papa. La relevancia de esta investigación radica en la necesidad de desarrollar métodos de monitoreo más sostenibles que permitan un manejo integrado de plagas (MIP), dado el impacto negativo que tiene *T. solanivora* en la producción de papa. Los resultados obtenidos demostraron que las feromonas y los atrayentes florales pueden ser herramientas eficaces para optimizar el control de esta polilla, proporcionando así una base para futuras estrategias de manejo en los cultivos de papa (Piedra et al., 2023).

8.1.2 Nacionales

El estudio realizado (Bosa et al., 2005) se enfocó en evaluar la efectividad de dispensadores de feromonas para interrumpir la comunicación sexual de *T. solanivora* en condiciones de campo y almacenamiento de papa en Colombia. Este estudio es relevante porque la interrupción de la cópula puede ser una estrategia eficaz para el control de la plaga, contribuyendo así a la reducción del daño en los cultivos. Los resultados mostraron que el área tratada con dispensadores, las capturas de machos fueron significativamente menores en comparación con el área de control, con un 99% de efectividad en la interrupción de la comunicación sexual. Además, en las condiciones de almacenamiento, se registró un 9% de daño en los tubérculos tratados con dispensadores frente a un 39% en los no tratados, aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la severidad del daño. Estos hallazgos sugieren que el uso de feromonas puede ser un método prometedor para el manejo de *T. solanivora* en cultivos de papa

El estudio realizado por Jeannette Amparo Española. y Julio Ricardo Galindo F. en el año 2004 se enfocó en la dinámica de captura de *Premnotrypes vorax* y la polilla guatemalteca *T. solanivora* en trampas con diferentes tipos de atrayentes en cultivos de papa criolla (*S. phureja*), específicamente en Colombia. Este trabajo es relevante porque contribuye al conocimiento de diferentes tipos de muestreo tradicionales, ofreciendo datos sobre la efectividad de diversos

atrayentes para el monitoreo de estas dos especies, lo que puede optimizar las estrategias de control agrícola. Los resultados indicaron que la eficacia de la captura variaba significativamente según el tipo de atrayente utilizado, sugiriendo que la selección adecuada de estos podría mejorar el control de la plaga y, por ende, la producción segura de papa (Galindo & Española, 2004).

8.1.3 Regionales

La investigación de Granados-Ferrer y Giraldo-Vanegas realizada en el año 2020, analiza el impacto significativo de diversas plagas en el cultivo de papa (*S. tuberosum*), destacando especialmente la polilla guatemalteca (*T. solanivora*) que causa numerosos problemas fitosanitarios y pérdidas económicas. El objetivo de esta revisión bibliográfica fue profundizar en el manejo agroecológico de la polilla guatemalteca, recopilando información de diversos artículos publicados tanto en Colombia como en otros países. Se consideraron las prácticas más utilizadas para el control de este insecto. Los resultados mostraron que Colombia cuenta con una gran cantidad de información valiosa sobre diferentes métodos de control, incluyendo controles biológicos, etológicos, fitoquímicos y culturales (Granados y Vanegas, 2021).

9. Marco contextual

9.1 Generalidades cultivo de papa (*S. tuberosum*)

Según la Federación Colombiana de Productores de Papa (FEDEPAPA, 2020) en Colombia, la papa es uno de los cultivos agrícolas más importantes en áreas de clima frío, ocupando el segundo lugar en términos de importancia a nivel nacional. La producción de este tubérculo representa aproximadamente el 3,3% del Producto Interno Bruto (PIB) Agropecuario del país y es un componente clave de la economía en 283 municipios, involucrando a más de 90,000 familias, principalmente en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Antioquia y Nariño, que concentran el 85% de la producción. Cundinamarca se destaca como el mayor productor, especialmente en áreas por encima de los 2000 metros sobre el nivel del mar. Las variedades más comunes incluyen la tuquerreña o sabanera, parda pastusa, pastusa superior, Diacol Capiro- r12, Ica única, Ica nevada, y papa criolla, entre otras (Santos et al., 2022).

Debido a los múltiples riesgos derivados del uso extensivo de plaguicidas en la agricultura primaria, los consumidores enfrentan incertidumbres sobre los posibles riesgos asociados al consumo de productos agrícolas. El modelo agronómico de producción se basa considerablemente en insumos externos, incluidos los plaguicidas, que representan el 35% de los costos totales de producción, junto con los fertilizantes (Villarreal et al., 2007).

9.2 Insectos plagas del cultivo de papa

El cultivo de la papa es atacado por diferentes artrópodos plaga dentro de los cuales los de mayor importancia económica son: las polillas *T. solanivora* y *Phthorimaea operculella* (Zeller) ambas del orden Lepidoptera, familia Gelechiidae. El gusano blanco *Premnotrypes vorax* (Hustache) (Coleoptera: Cuculionidae). La mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae). La pulguilla *Epitrix* sp. (Coleoptera: Chrysomelidae) (Ortiz & Alexander, 2019).

9.3 Generalidades polilla guatemalteca (*T. Solanivora*)

Para el año 1956, se registró por primera vez la presencia de polilla guatemalteca (*T. solanivora*) en Centroamérica. Este insecto, perteneciente a la familia Gelechiidae, fue identificado como causante de graves daños en los cultivos de papa (*S. tuberosum*), lo que tuvo un impacto negativo en la economía local. A pesar de su limitada movilidad, ha logrado extenderse a varios países de Centro y Sur América, así como a las Islas Canarias en España. Los efectos dañinos de *T. solanivora* se han detectado tanto en los tubérculos cosechados en el campo como en el almacenamiento. Su impacto económico es especialmente grave en los países de la región andina, donde la papa es un alimento básico y la producción es intensiva. Por esta razón, *T. solanivora* se considera la plaga más perjudicial para el cultivo de papa (Villanueva y Saldamando, 2013).

9.3.1 Ciclo de vida

La polilla guatemalteca presenta una metamorfosis completa (Holometábolo): Huevo, larva, pupa, adulto (Figura 1.), oscila entre 65 y 93 días, su ciclo puede variar debido a la zona, temperatura, humedad, donde se establezca el cultivo, para adaptarse.

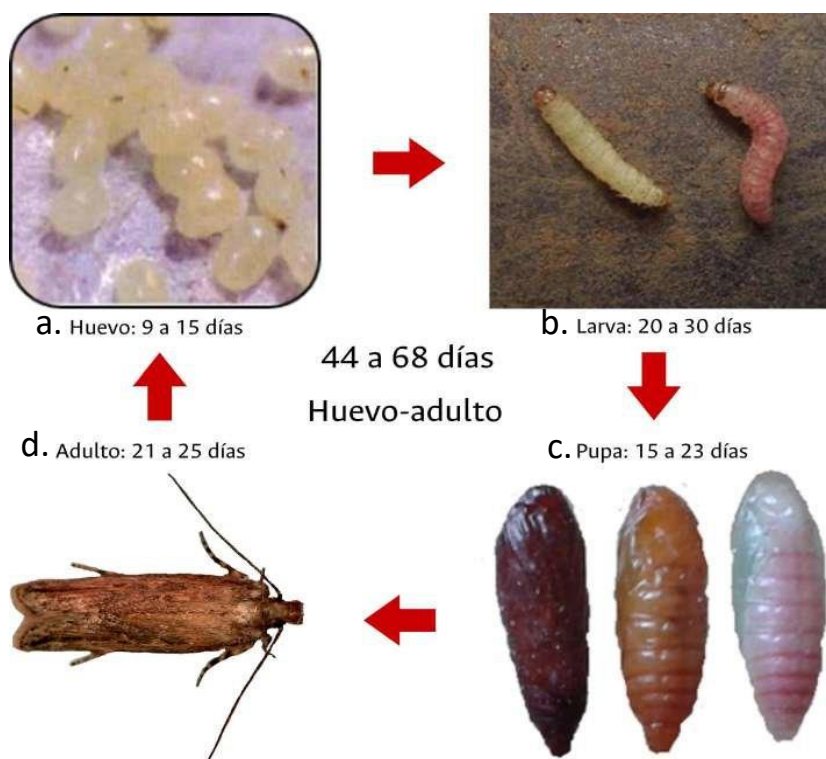


Figura 1. Ciclo de vida de *T. solanivora*. **a.** Huevo, **b.** Larva, **c.** Pupa, **d.** Adulto Fuente: (Valbuena et al., 2019).

9.3.2 Huevo

Los huevos de *T. solanivora* tienen aproximadamente 0,5 mm de diámetro y son de forma ovalada. Mayoritariamente son de color blanco, pero a medida que la larva se desarrolla dentro de ellos, cambian a un tono amarillo oscuro. Las hembras los ovopositan en grandes cantidades en la superficie del suelo, cerca de la base de la planta, y su período de incubación es de alrededor de 9 a 15 días. (López, 1996; Herrera, 1998; Niño, 2004) (Figura 1a).

9.3.3 Larva

Las larvas neonatas de la polilla guatemalteca salen del huevo depositado en el suelo y tienen alrededor de 1,4 mm de tamaño. Se caracterizan por ser de color blanco con cabeza marrón. (Figura 1b) Al igual que otras larvas del orden lepidoptero, exhiben geotropismo positivo, lo que significa que después de emerger, tienden a descender a través de la materia orgánica del suelo para encontrar el tubérculo (Gouge et al, 1999). Las larvas que llegan al tubérculo comienzan a roer la epidermis y, a través de un pequeño orificio, ingresan al interior, donde pasan por cuatro etapas larvales intermedias en las que se alimentan de la papa, creando túneles y galerías (Herrera,

1998). Al llegar al último estadio, con una longitud de aproximadamente 14 mm y adquiriendo un color rosado, las larvas abandonan el tubérculo y se colocan cerca del suelo, donde elaboran un capullo de seda al que incorporan partículas de suelo para resguardarse (López – Ávila, 1996).

9.3.4 Pupa

Durante el proceso de metamorfosis, la larva de último estadio de la polilla guatemalteca crea un capullo (Figura 1c) utilizando seda que recoge partículas de suelo y fibras vegetales. Este estado puede durar entre 15 y 26 días (Herrera, 1998). Las pupas generalmente se forman dentro o fuera de los tubérculos, o bien se adhieren a los empaques donde se almacena la papa, a las paredes y grietas de los sitios de almacenamiento, o al suelo (Herrera, 1998).

9.3.5 Adulto

El adulto de *T. solanivora* es una pequeña polilla cuyo color puede variar desde pardo oscuro hasta gris. Las hembras tienen dimensiones de 12 mm de largo por 3,4 mm de ancho, mientras que los machos miden 9,7 mm de largo por 2,9 mm de ancho. Las hembras pueden poner de 150 a 360 huevos durante un período de 10 días, ya sea de manera individual o en grupos (Herrera, 1998) (Figura 1d).

En los lugares de almacenamiento, las hembras suelen depositar sus huevos directamente sobre los tubérculos (Vargas et al., 2004). En el campo, prefieren hacerlo en el suelo cerca de la base del tallo, en las hojas inferiores de la planta o en tubérculos que están mal cubiertos. Los adultos tienen una vida promedio de 15 a 30 días, siendo ligeramente más prolongada en el caso de las hembras (Vargas et al., 2004).

9.3.6 Comportamiento

El comportamiento de muchas especies está influenciado por las variaciones climáticas, lo que afecta su desarrollo y población. En el caso de la polilla guatemalteca, se ha observado que las precipitaciones tienen un impacto negativo en el crecimiento de los adultos de esta plaga, lo que ha llevado a una disminución de su población. Por otro lado, el riego constante en el cultivo de papa en épocas de temperaturas altas se ha hecho favorable para controlar la población. En contraste, las altas temperaturas favorecen las condiciones para el desarrollo de la plaga, lo que conduce a un aumento acelerado de su población (Wilches et al., 2022).

Este insecto necesita alrededor de 57 días para completar su ciclo de vida a una temperatura de 20°C. Sin embargo, a 15°C, este ciclo puede extenderse hasta 95 días. A temperaturas más bajas, el tiempo de desarrollo puede aumentar aún más (Castillo, 2005). Las precipitaciones en el

rango de 62 a 128 mm, con una variabilidad de aproximadamente ± 22 mm, tienen un efecto negativo en las poblaciones de adultos, especialmente en términos de reproducción y supervivencia. Esto significa que las lluvias afectan la dinámica poblacional del insecto. Por otro lado, se observa una mayor presencia de individuos cuando las precipitaciones son bajas, en el rango de 0 a 63 mm con una variabilidad de aproximadamente ± 19 mm (Wilches et al., 2022).

Los insectos utilizan señales químicas y físicas para localizar su fuente de alimento, como parte de su mecanismo para identificar el hospedero. Las larvas de lepidópteros, en particular, tienen un sistema sensorial desarrollado que les permite reconocer las fuentes de alimento a través del contacto, lo que les ayuda a encontrar el lugar más adecuado para alimentarse. Sin embargo, cuando se realiza el control químico, la principal dificultad radica en el corto tiempo de exposición al ambiente que tienen las larvas, ya que es durante este período cuando causan el mayor daño al tubérculo (Camargo et al., 2010).

Durante el día, los adultos tienden a permanecer inactivos, buscando reposo en el envés de las hojas de las plantas o cerca de ellas en el suelo o entre las malezas. Sin embargo, durante la noche es cuando muestran una mayor actividad, llegando incluso a las hembras a depositar sus huevos (Avilés y Piedra, 2016).

9.3.7 Dispersión

Dado que es una polilla con una capacidad de vuelo limitada, se ha establecido que su principal método de dispersión es a través de semillas u otros materiales donde puedan estar adheridos adultos, pupas, larvas o huevos (Vargas et al., 2004).

9.3.8 Daños en el cultivo de papa

Además de deteriorar la calidad de los tubérculos, la Polilla Guatemalteca provoca daños al facilitar la entrada de microorganismos y la pudrición de estos, lo cual resulta en pérdidas económicas significativas debido a la reducción en el valor de venta. Los tubérculos afectados no son aptos para ser utilizados como semilla ni para consumo humano o animal (ICA, 2016). Las principales causantes de los daños son las larvas estas raspan la superficie de los tubérculos, la penetran y realizan sus galerías (Vignola et al., 2017), estas galerías que las larvas dejan al atravesar los tubérculos son inicialmente pequeñas y casi invisibles. Sin embargo, los orificios que dejan al abandonar los tubérculos pueden medir hasta 3 mm de diámetro. Esto hace que los tubérculos de papa afectados no sean aptos para la comercialización ni para alimento de los animales (Carrillo y Torrado, 2013).

9.4 Controles de *T. solanivora*

9.4.1 Control Cultural

Según el ICA, 2016, los manejos culturales para esta polilla se tienen que hacer desde antes de la siembra y ser preventivos en las etapas del cultivo, algunos de estos son:

Realizar rotación de cultivos con especies como pastos, cereales, leguminosas y hortalizas. Preparar adecuadamente el suelo para eliminar malezas, huevos, larvas y pupas del insecto.

Sembrar preferiblemente semilla certificada o de buena calidad fitosanitaria. Proteger la semilla para evitar el ataque de la Polilla de la Papa, sembrándola a la profundidad adecuada y cubriéndola rápidamente.

Realizar un aporque adecuado para cubrir la base de la planta con suficiente tierra y proteger los tubérculos del sol y la plaga.

Aplicar riego frecuente si es posible, para prevenir el agrietamiento del suelo que pueda facilitar la entrada de la polilla.

Eliminar malezas, toyas u otras plantas que puedan servir de refugio para la polilla. Realizar la cosecha en el momento oportuno y asegurarse de no dejar residuos en el campo.

9.4.2 Control biológico

Existen diferentes alternativas ya que este insecto cuenta con varios enemigos naturales, como lo son Hongos, virus, bacterias parasitoides y depredadores, entre los que se detallan: *Buchananiella contigua* (Buchanan- White) (Hemiptera: Anthocoridae), ácaros, himenópteros, *Trichogramma* spp (Hymenoptera:Trichogrammatidae) ., *Apanteles* sp., Granulovirus (Osorio et al., 2017).

BACULOVIRUS CORPOICA® es un bioplaguicida utilizado para el control de la polilla guatemalteca de la papa (*T. solanivora*) y la polilla *Phthorimaea operculella* en este cultivo. En condiciones de almacenamiento, ya sea para semilla o papa destinada al consumo, demuestra una efectividad superior al 80% y contribuye a reducir las pérdidas ocasionadas por la polilla guatemalteca durante el almacenamiento (Espinal, 2020).

9.4.3 Control químico

Debe hacerse cuando las trampas feromonales reporten altas poblaciones en la fase de maduración de los cultivos superiores a 50 individuos por trampa por semana, y es difícil o no se tiene otra alternativa de control (Alvarado *et al.*, 1995)

El uso de los insecticidas debe ser racional selectivo los de mayor eficacia en campo fueron los insecticidas a base de clorpirifos, profenofos, metomil en las dosis recomendadas por las casas productoras que aparecen en la etiqueta (Rosero, 1997).

Para la desinfección de semilla ya sea por fumigación o inmersión los agricultores de nuestro país utilizan productos químicos como profenofos, carbofurán y clorpirifos (Lucero, 2017).

9.5 Feromonas sexuales

Las investigaciones recientes sobre métodos biorracionales han explorado procesos fisiológicos y bioquímicos de los insectos, así como sus patologías y formas de comunicación intra e interespecífica. Estas investigaciones se enfocan principalmente en cuatro áreas clave: reguladores de crecimiento, bioinsecticidas, control biológico y semioquímicos (Vacas, 2011).

En cuanto a la comunicación química entre insectos, esta se clasifica en cuatro grupos: alelomonas, cairomonas, sinomonas y feromonas. Las feromonas, que son los semioquímicos más estudiados en la ecología química de los insectos, son empleadas para la comunicación entre individuos de la misma especie (Cotes, 2018).

El uso de insecticidas ha generado efectos negativos en la agricultura, lo que ha motivado la búsqueda de alternativas más seguras para el medio ambiente, la biodiversidad y la salud humana. Entre estas opciones, el empleo de feromonas destaca como una herramienta clave en el manejo agroecológico de plagas, ya que altera el comportamiento de diversas especies que afectan a cultivos en todo el mundo. Numerosos estudios se han centrado en identificar estrategias de manejo que permitan reducir o eliminar el uso de insecticidas (Nurulhidayah & Kamarudin, 2011; Ramírez, 1996).

Para emplear adecuadamente las feromonas sintéticas, es fundamental tener en cuenta ciertos umbrales de captura para evitar que la agresividad de las plagas cause mayores problemas en el cultivo. Según Reddy & Guerrero (2001), cuando se capturan más de 16 machos por trampa/noche en cultivos de repollo, los tratamientos con feromonas no presentan una diferencia significativa frente a los tratamientos con insecticidas en cuanto a la cantidad de huevos depositados. No obstante, cuando las capturas son inferiores a 12 machos por trampa/noche, los tratamientos con feromonas muestran una ligera ventaja sobre los insecticidas. La investigación concluyó que no se debe superar un umbral de 8 polillas por trampa/noche para asegurar una aplicación efectiva de insecticidas y prevenir una mayor propagación de la plaga.

9.5.1 Características de las feromonas

Las feromonas intervienen en la comunicación entre individuos de la misma especie y se dividen en dos tipos: las inductoras, que están vinculadas a comportamientos como alarma, atracción sexual y agregación, y las primarias, relacionadas con procesos de desarrollo como la maduración sexual (Vacas, 2011). Conceptualmente, las feromonas son moléculas orgánicas emitidas por los animales que, al ser percibidas por otro individuo de la misma especie, provocan una respuesta específica. Pueden estar compuestas por una única sustancia o una mezcla de varias, como acetatos, alcoholes, aldehídos y cetonas, dependiendo del tipo de feromona y de la especie (Blanco, 2004).

Entre las principales feromonas se incluyen las de alarma, reclutamiento, agregación, marcadores de rastro, y las sexuales, siendo estas últimas de particular importancia por su papel en el apareamiento, actuando como atrayentes. El efecto de las feromonas está influenciado por factores como la edad y madurez sexual de la hembra, el fotoperiodo, la temperatura y la intensidad de la luz. Durante su emisión, las hembras suelen comprimir una glándula que libera la feromona, la cual es transportada por el viento. Los machos, por su parte, responden realizando un vuelo en zigzag contra el viento, guiados tanto por estímulos auditivos como visuales, lo que es característico en polillas (Blanco, 2004; Cal, s.f.).

9.5.2 Uso de feromonas

Para utilizar de manera efectiva las feromonas en la agricultura, es fundamental contar con un profundo conocimiento de la biología del insecto objetivo, incluyendo su ciclo de vida, hábitos y relación con las condiciones ambientales. También es importante conocer las características del cultivo que el insecto afecta y asegurar una correcta síntesis de la feromona (Cal, s.f.). El uso de las feromonas está orientado a varios objetivos, como la detección de plagas, la identificación de la emergencia de adultos y la evaluación de la incidencia y cantidad de insectos (Vacas, 2011).⁸

Se ha comprobado que las feromonas sexuales de *Plutella xylostella* (L.) son claves para atraer parasitoides. Tanto los componentes individuales como las mezclas sintéticas han sido efectivos en atraer parasitoides como *Cotesia plutellae* (Kurdj.) (Hymenoptera: Braconidae), *Trichogramma chilonis* (Ishii.) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y depredadores como *Chrysoperla carnea* (Stephens.) (Neuroptera: Crysopidae) (Reddy et al., 2002).

Uno de los principales beneficios ambientales del uso de feromonas es su especificidad, ya que solo afectan a la especie objetivo sin dañar a otros insectos, incluyendo enemigos naturales. Además, son altamente sensibles y pueden detectar poblaciones aun cuando estas son muy reducidas, y es poco probable que generen resistencias. Sin embargo, para su uso eficiente es necesario comprender con precisión la estructura química de la feromona (Cal, s.f.; Vacas, 2011).

9.5.3 Manejos masivos

Existen diversas formas de utilizar adecuadamente las feromonas sintéticas para controlar poblaciones de insectos en un entorno determinado. Entre los métodos más comunes se encuentran la confusión sexual, la atracción y muerte, y el trampeo masivo (Altesor et al., 2009).

La confusión sexual consiste en saturar el ambiente con feromonas sexuales, lo que desorienta a los machos e interfiere en la comunicación entre los sexos, reduciendo así la reproducción de la plaga. Una de las ventajas de este enfoque es que no requiere una mezcla exacta de los componentes químicos, ya que puede funcionar con mezclas simples o con el componente principal, lo que facilita su implementación y disminuye los costos (Altesor et al., 2009).

Otros métodos incluyen la atracción seguida de muerte, esterilización o infección, que son similares al trampeo masivo, aunque en este caso el insecto no queda atrapado en la trampa. En su lugar, el insecto es atraído a un área donde la feromona ha sido combinada con pequeñas dosis de insecticida, provocando infecciones o su muerte (González *et al*, 2019; Vacas, 2011).

9.6 Muestreos

9.6.1 Muestreo trampa de feromona

Las feromonas sintéticas de *T. solanivora* permiten atraer y capturar machos de polilla con la ayuda de trampas. Éstas se utilizan para detectar si la plaga está presente en una nueva área, para conocer la distribución de la plaga y para determinar la fluctuación poblacional durante el ciclo de cultivo y durante todo el año. Una vez establecida la plaga, dichas feromonas se han utilizado para obtener información sobre la densidad poblacional y con base en ésta tomar decisiones para aplicar medidas de control, especialmente en cuanto a utilización de insecticidas químicos (Campos et al., 2023).

9.6.2 Muestreo *in situ*

Se realiza un pre-muestreo donde se establecen tres (3) épocas para la toma de muestras de plantas de papa así:

1. La primera en floración completa.
2. La segunda 20 días después.
3. La última al momento de la cosecha.

Se define una metodología de muestreo consistente escoger un surco, cada cuatro surcos; allí se toman tres plantas cada 20 m., a lo largo del mismo. Cada sitio de muestreo se ubica en un plano de campo, para así poder establecer el patrón de disposición espacial de las larvas en el lote (Corpoica, 2004).

9.7 Bases conceptuales

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 (Egúsqüiza y Catalán 2011).

Resistencia: La resistencia a los insecticidas se define como un cambio genético heredable que afecta la sensibilidad de una población de insectos plaga a los insecticidas, reflejado en la incapacidad repetida de un producto insecticida, utilizado de manera adecuada, para alcanzar los niveles de control esperados (Matallanas et al., 2020).

Plaga: Organismo cuya densidad de población excede nivel arbitrario no aceptable para el agricultor, el cual resulta en un daño económico

Tóxico: es cualquier sustancia (pura o combinada) o efluente que al entrar en contacto con el organismo produzca daños, alteraciones bioquímicas o fisiológicas o incluso la muerte, dependiendo de la concentración y del tiempo de exposición (Cardozo & Tapiero, 2010).

Mecanismo de acción: Un mecanismo de acción de un insecticida es el proceso bioquímico o fisiológico a través del cual el insecticida ejerce su efecto tóxico en el insecto. Los insecticidas pueden tener diferentes mecanismos de acción, que pueden afectar el sistema nervioso, el sistema digestivo, el sistema respiratorio, o interferir con el crecimiento y desarrollo de los insectos, entre otros. Cada tipo de insecticida actúa de manera específica sobre un determinado

proceso biológico del insecto, lo que puede contribuir a reducir la probabilidad de resistencia a los insecticidas en las poblaciones de insectos (Gutiérrez, 2009).

Modo de acción: El modo de acción se refiere al mecanismo por el cual un plaguicida controla las plagas. Los diferentes modos de acción se dirigen a diferentes aspectos de la biología o fisiología de una plaga. Rotación de ingredientes activos que afectan al insecto lo que es por contacto, ingestión e inhalación (Sela, 2023).

Rotación de pesticidas: La rotación de pesticidas implica el uso de una estrategia de manejo que implica alternar el uso de diferentes compuestos químicos con diferentes modos de acción para controlar plagas (plagas de insectos, enfermedades y malezas). El objetivo de la rotación de plaguicidas es evitar que las plagas desarrollen resistencia a un pesticida en particular exponiéndolas a diferentes mecanismos de acción (Sela, 2023).

9.8 Marco conceptual

9.8.1 Ubicación

El área de estudio se llevará a cabo en la vereda El Volcán del municipio del Cerrito, Santander

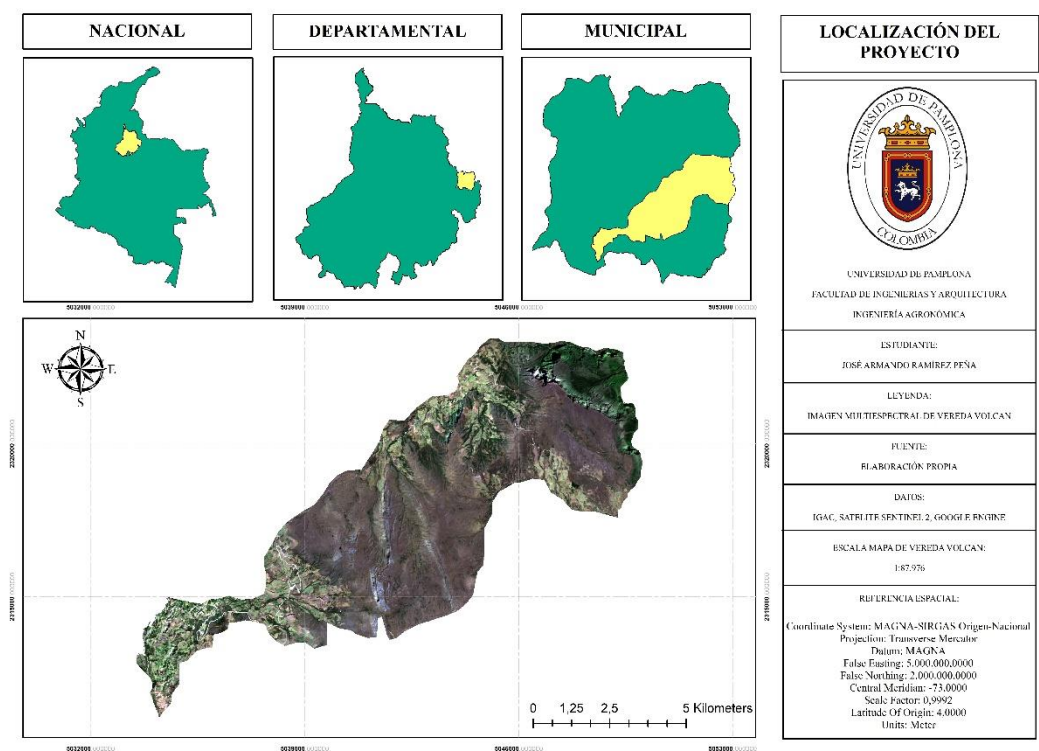


Figura 2. Localización del área de estudio donde se desarrolló el trabajo.

9.9 Marco Legal

En la

Tabla 1 se encuentran las normas del estado colombiano asociadas al trabajo.

Tabla 1

Normograma

NORMA	ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN
Constitución Política de Colombia, 1991	Artículo 27	El Estado asegura la libertad de enseñar, aprender, investigar y ejercer la cátedra.

Constitución Política de Colombia, 1991	Artículo 79	Todos tienen derecho a disfrutar de un entorno saludable. La ley garantizará la participación de la comunidad en decisiones que puedan impactarlo. El Estado tiene la responsabilidad de proteger la diversidad y la integridad del medio ambiente, conservar áreas ecológicamente importantes y promover la educación para alcanzar estos objetivos.
Resolución 2501 (10 set 2003)	Artículo 1	Se establecen los requisitos mínimos específicos para la producción de semillas certificadas de papa (<i>S. tuberosum</i> ssp. andigena, <i>S. tuberosum</i> ssp. <i>tuberosum</i> y <i>S. phureja</i>) destinadas a la siembra.
Resolución 30021 (28 de abril de 2017)	Artículo 1	Se determinan los requisitos para la Certificación en Buenas Prácticas Agrícolas en la producción primaria de vegetales y otras especies para el consumo humano. El proyecto se regirá por las normas establecidas por la Universidad de Pamplona, las cuales regulan las modalidades del Trabajo de Grado, tomando en cuenta las normas para investigación.

Acuerdo No. 186, Capítulo VI	Artículo 35	Definición del trabajo de grado: En los planes de estudio de los programas, la Universidad requiere que los estudiantes completen un "TRABAJO DE GRADO" para obtener su título profesional. Este trabajo consolida su formación integral, permitiéndoles: - Diagnosticar problemas y necesidades usando conocimientos adquiridos en la Universidad. - Recopilar y analizar información para proponer soluciones a problemas específicos. - Desarrollar y ejecutar planes y proyectos, demostrando su capacidad de toma de decisiones. - Formular y evaluar proyectos. - Aplicar el Método Científico en todos los procesos de estudio y decisión.
Acuerdo No. 186, Capítulo VI	Artículo 36	Modalidades del Trabajo de Grado: Este se lleva a cabo a través de la investigación.

10. Metodología

10.1 Localización de la investigación

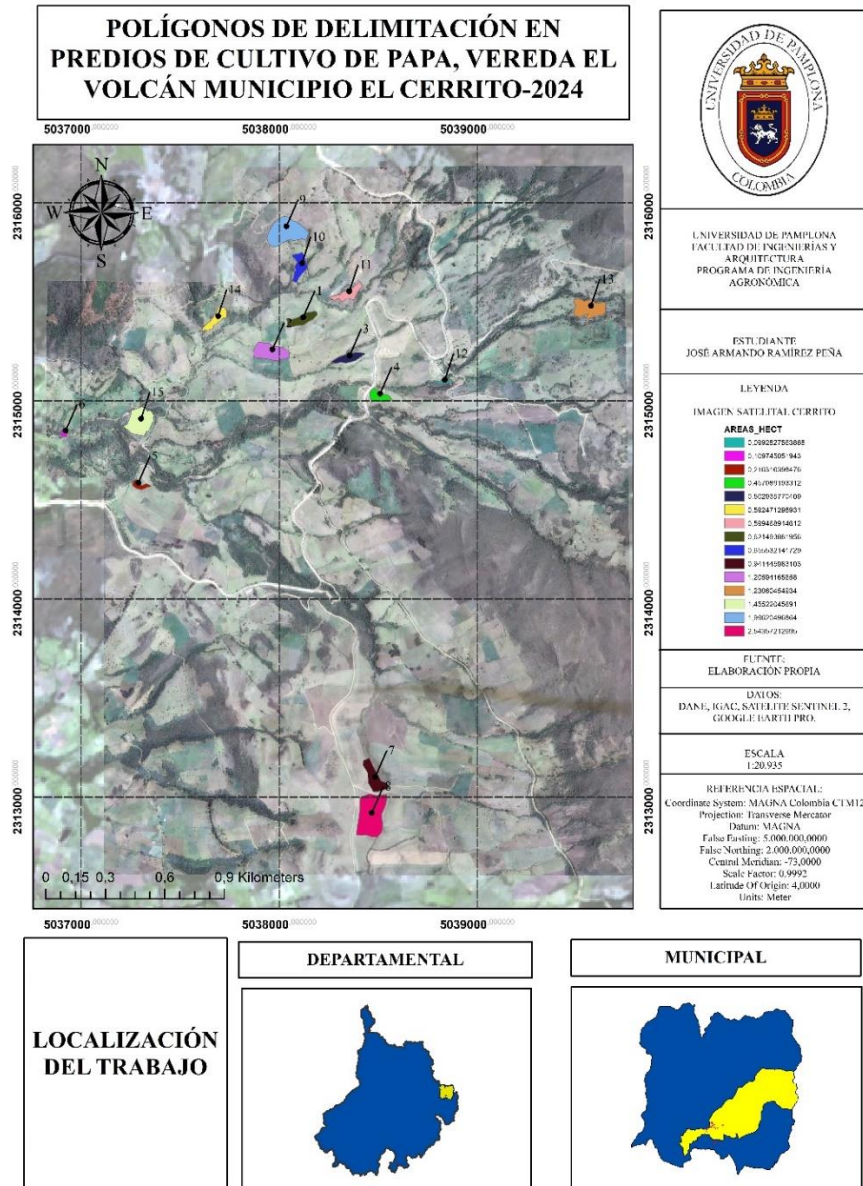


Figura 3. En este mapa se presentan los polígonos de delimitación en predios de cultivo de papa, vereda el volcán, Municipio, Cerrito, Santander, 2024

10.2 Tipo de investigación

Esta investigación se enmarco de tipo experimental de campo



Figura 4. *Instalación trampa con feromona en predio. A. Soporte para la trampa, B. Cortes para ventanas de la trampa, C. Feromona utilizada, D. Trampa con feromona instalada.*

10.3 Diseño Metodológico y/o experimental

El diseño experimental consistió en analizar las correlaciones entre la variable (incidencia con feromona individuos/trampa-1/día-1) y la variable (% incidencia *in situ*)

(tubérculos/afectados/día-1) en *T. solanivora* en cultivos de papa. Estas variables fueron evaluadas tanto en cada finca de manera individual e igualmente los 15 predios.



Figura 5. A. Variable X (Muestreo feromona), B. Variable Y (Muestreo in situ)

Para llevar a cabo este estudio, se seleccionó el punto de muestreo en la vereda el Volcán, ubicada en el municipio de El Cerrito, Santander. Este lugar fue escogido debido a su relevancia en la producción de papa y a la diversidad de condiciones fenológicas que ofrece para el cultivo.

En esta vereda, se seleccionaron un total de 15 predios distribuidos en diferentes fincas con cultivos de papa. En cada predio se colocó una trampa con feromona el día 7 de septiembre de 2024. Los cultivos se encontraban en diferentes etapas fenológicas: la mayoría en llenado de tubérculos y floración, algunos con resiembra y otros al lado de plantaciones ya cosechadas (Rastrojo).

10.3.1 Descripción de la feromona

Para la evaluación se utilizó la feromona de *T. solanivora*, de la empresa Saferagrobiologicos (Colombia), llamada Sáfer TECIALURE (Figura 4C), emisor de vapores (VP), con su respectivo registro de venta ICA No. 9582, es un atrayente sexual sintético que se utiliza para monitorear y capturar polillas (adultos) de la polilla de la papa *T. solanivora*, las feromonas está compuesta por los siguientes componentes: ingrediente activo: acetato de E-3- dodecenilo 0,001 g/señuelo e ingrediente aditivo: Material inerte 0,371 g/señuelo (saferagrobiologicos, 2024).

Duración de la Feromona: La feromona tiene una duración en campo de 6-8 semanas, por lo cual, pasado este periodo, debe ser reemplazada. El señuelo no se debe romper, pinchar o cortar (saferagrobiologicos, 2024)

10.3.2 Descripción de la trampa

Construcción trampa de *T. solanivora*

La trampa fue construida con envases de galones vacíos. Los envases de estos galones eran de 4L (Figura 4B), en los que se hicieron dos ventanas con cortes rectangulares (de aproximadamente 7 por 14 cm), el cual se hizo para que se viera el dispersor de feromona en el orificio de la trampa de tal manera que el viento disperse su olor y atraiga el macho adulto (Figura 4 D).

Se utilizó como soporte para la trampa un tronco de 2 m de alto (Figura 4A), el cual se utiliza para la instalación de cercas vivas, como siguiente paso se colocaron las trampas soportándolas con alambre para su permanencia (Figura 4 D). Los recipientes se llenaron con agua hasta 2 cm antes del borde y se les agregó una pequeña cantidad de detergente en polvo (lo que puede contenerse entre el dedo índice y pulgar), con el fin de romper la tensión superficial del agua y facilitar el hundimiento de los insectos capturados y evitar su aglutinamiento en la superficie.

Altura de las trampas: Las trampas fueron colocadas a una altura de 30-60 cm del suelo (saferagrobiologicos, 2024), su altura se modificó de acuerdo con el crecimiento del cultivo, quedando siempre sobre las plantas (Figura 4A).

Ubicación de trampas: Es recomendable ubicarlas poniendo atención a los bordes del cultivo, que es donde las poblaciones se incrementan más rápidamente, además si se colocan en el interior de las parcelas, debido a la alta densidad de follaje del cultivo de papa, se hace difícil el servicio a las trampas (saferagrobiologicos, 2024)

10.4 Variables para medir

10.4.1 Cuento de individuos capturados por trampa

El conteo de las capturas por trampa se realizó cada 8 días en el caso de *T. solanivora*. Se registró el número de especímenes capturados por trampa. Después de cada conteo, los especímenes presentes en cada trampa fueron identificados y desechados, y se repuso el agua con detergente en las trampas para garantizar su funcionalidad y efectividad.

10.4.2 Tubérculos afectados

En el caso de *T. solanivora*, se realizó la extracción de 3 plantas por predio en cada uno de los 15 predios monitoreados, lo que dio un total de 45 plantas evaluadas. En cada planta extraída, se examinó cada tubérculo, esto para determinar si existían o no galerías causadas por *T. solanivora*, tanto para registrar el número de tubérculos afectados por larvas de esta plaga. Este muestreo permitió obtener una medida precisa de la incidencia de la plaga en cada predio, con el objetivo de cuantificar el daño causado.

10.4.3 Correlación entre captura de machos adultos en trampas, tubérculos afectados.

Para analizar la relación entre la captura de machos adultos de *T. solanivora* en trampas cebadas con feromonas sexuales se llevó a cabo el dato (individuos/trampa-1/día -1) y el porcentaje de tubérculos/afectados/día-1, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson (r). En este análisis, la variable X corresponde a los registros de individuos capturados por las trampas con feromonas, y la variable Y representa los datos de incidencia obtenidos a través del muestreo *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) que se refiere a los tubérculos afectados por día en el cultivo de papa.

Este coeficiente se calculará tanto de forma individual para cada predio como de manera global para todos los predios evaluados, lo que permitirá identificar la fuerza y dirección de la asociación entre ambas variables en diferentes niveles de análisis. Este enfoque contribuirá a determinar la relación entre las herramientas de monitoreo con feromonas y las observaciones directas en el campo.

10.5 Objetivo 1:

Correlacionar la incidencia de *T. solanivora* encontrada en las trampas cebadas con feromona sexual con el muestreo *in situ* en el cultivo de la papa.

10.5.1 Muestreo para incidencia feromona sexual

Para la evaluación de la incidencia de *T. solanivora* en los cultivos de papa, se diseñó un protocolo riguroso que incluirá el muestreo con feromonas sexuales de la plaga. En cada uno de los 15 predios seleccionados, se instaló una trampa con feromona sexual, la cual se empleó en la atracción y captura de adultos machos de *T. solanivora*.

El muestreo se realizó cada 7 días, comenzando el día 7 de septiembre de 2024 y finalizando el 16 de noviembre del mismo año, dando un total de 10 muestreos, lo que permitió una evaluación periódica y continua de la actividad de la plaga. Durante cada sesión de

muestreo, se recolectaron manualmente los individuos capturados en las trampas utilizando un colador (Figura 23 C), lo que permitió obtener una cifra exacta de la población presente en cada predio al momento de la recolección

Análisis de datos

. Las cifras semanales se dividieron entre la frecuencia del muestreo que equivalente a 7 días con esto se conoció el número de (individuos/trampa-1/día-1), para mejorar el desarrollo de la investigación, para tomar este dato se utilizó la siguiente fórmula:

$$Id = \frac{Cs}{D}$$

Donde:

Id: Incidencia diaria de individuos capturados por trampa (número individuos/trampa-1/día-1).

Cs: Número total de individuos capturados semanal en cada trampa

D: Número de días en el periodo de muestreo

10.5.2 Muestreo *In situ*

En esta etapa se realizó un muestreo aleatorio cada 14 días en los 15 predios seleccionados. El primer muestreo tuvo lugar el 7 de septiembre de 2024, y el último se llevó a cabo el 9 de noviembre del mismo año, completando un total de cinco muestreos. El objetivo de esta actividad fue verificar la presencia de tubérculos afectados por *T. solanivora* en cada uno de los predios evaluados, para el análisis de datos que se realizó en la investigación.

El procedimiento de muestreo consistió en extraer, de manera aleatoria, tres plantas por predio durante cada ciclo de muestreo, considerando los diferentes estados fenológicos en los que se encontraban los cultivos, específicamente en las fases de crecimiento, tuberización, llenado de tubérculos y producción.

Análisis de datos

Una vez extraídas las plantas, se realizó un conteo de los tubérculos presentes por planta, registrando estos datos. Después, se inspeccionaron detalladamente los tubérculos para identificar los afectados por *T. solanivora*. Se promediaron el número de incidencia de las tres plantas que determino el porcentaje por tubérculos/afectados/día-1. Este proceso permitió recopilar información para el análisis y desarrollo de la investigación, con el fin de determinar

los coeficientes de correlación entre los datos del muestreo con feromonas sexuales y las condiciones *in situ* (tubérculos/afectados/día-1).

Para calcular la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) se utilizó la siguiente fórmula:

Incidencia= Tubérculos afectados por planta / Tubérculos observados por planta X 100
(ecuación incidencia) (agrios, 2005).

10.5.3 Determinación coeficiente de correlación incidencia feromona/*in situ*

La recolección de datos y sus promedios sobre la incidencia de *T. solanivora* mediante el muestreo de feromona sexual promedio (individuos/trampa-1/día-1) e *in situ* (% de incidencia tubérculos/afectados/día-1) de los 15 predios. Se hicieron gráficos de dispersión con los datos correspondientes tanto para cada predio e igual para los 15 predios.

Análisis de datos

Estos datos fueron analizados mediante el siguiente método:

El análisis de la correlación entre la variable (X) (Figura 5A) fue el promedio de la incidencia de (individuos/trampa-1/día-1), mientras que la variable (Y) (Figura 5B) fue el promedio de la incidencia porcentual de (tubérculos/afectados/día-1) (Figura 5A), basado en el coeficiente de correlación de Pearson (r) y el coeficiente de determinación (r²),

La relación entre la actividad de la plaga (X) y el impacto en el cultivo(Y), se calculó mediante el coeficiente de correlación (r) por predio y también para todos los predios, utilizando los promedios obtenidos de individuos/trampa-1/día-1 y tubérculos/afectados/día-1, en caso de la correlación para todos los predios se escogieron las cinco fechas de los muestreos *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) e igual los datos de estas mismas para feromona (individuos/trampa-1/día-1).

Los datos para analizar la correlación de los 15 predios se hallaron promediando los datos obtenidos del promedio de las 3 plantas por día de las 5 fechas esto para (Y), y para hallar la incidencia promedio de (X) (Figura 5A), se promediaron la incidencia individuos/trampa-1/día-1 de los cinco muestreos de las mismas fechas que se hicieron los muestreos *in situ* (tubérculos/afectados/día-1).

Para la interpretación del coeficiente de correlación de Pearson (Hernández et al., 2014) sugieren la escala que se presenta en la

Tabla 2

Interpretación de los resultados de la correlación de Pearson (r)

Valor de la correlación	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Nota: Valores para interpretar los resultados de las correlaciones de Pearson (r)

Fuente: (Hernández et al., 2014).

10.6 Objetivo 2:

Proponer una estrategia de manejo de *T. solanivora* con base en el manejo químico que realizan los agricultores y el uso de feromonas sexuales en el cultivo de papa en el Cerrito, Santander.

10.6.1 Encuesta

Se recolecto información de manejo de *T. solanivora* por medio de visitas presenciales, disponiendo de la disponibilidad de los agricultores para registrar las prácticas de manejo químico utilizadas por los agricultores. Esta encuesta contiene la información como: nombre del agricultor, nombre de la variedad, georreferenciación, fecha de siembra, fecha de aplicación del insecticida (nombre comercial, ingrediente activo).

Análisis de datos

Los datos de la encuesta fueron organizados en dos partes; como primera parte: Nombre del agricultor, Georeferenciación, Área del predio sembrado (M2), Variedad de papa y Fecha de siembra y la segunda parte: Fecha aplicación de insecticidas, Nombre comercial insecticida, Ingrediente activo insecticida, esto para comparar con los resultados de las figuras de incidencia de feromona realizadas en el objetivo uno.

Con base en los resultados de las encuestas y el análisis con incidencia individuos/trampa-1/día-1, se propuso una estrategia que combina el uso racional de insecticidas (rotación de ingredientes activos), bajo las fluctuaciones de poblaciones recolectadas en los monitoreos anteriores.

Se georreferencio punto a punto por cada predio y se elaboró un mapa de polígonos de delimitación de la vereda (Figura 3).

11. Resultados y discusión

11.1 Objetivo 1.

Correlacionar la incidencia de *T. solanivora* encontrada en las trampas cebadas con feromona sexual con el muestreo *in situ* en el cultivo de la papa.

La cantidad de adultos de polillas capturadas durante los 10 muestreos con feromona sexual en los 15 predios correspondió 13231 individuos, con un promedio de 12,6 (individuos/trampa-1/día-1), mientras que en el muestreo *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) en 5 muestreos quincenales el total de tubérculos observados fue de 2957, de los cuales 341 eran tubérculos afectados, dando una % incidencia de 11,53 en los 15 predios.

11.1.1 Incidencia feromona/*in situ* con correlaciones por predio

11.1.2 Predio 1

Incidencia de capturas con feromona (individuos/trampa-1/día-1): La incidencia de la polilla en la trampa con feromona (Figura 6) registra que el mayor promedio de individuos capturados diarios se presentó en la segunda semana de muestreo, entre el 21 y 28 de septiembre de 2024, con $3,86 = 4$ capturas por día. En este tiempo los individuos de *T. solanivora* fueron capturados en las trampas, sin embargo, no se registraron capturas superiores a 4 (individuos/trampa-1/día-1).

Incidencia *in situ* (% de tubérculos/afectados/día-1): Por otro lado, en relación con el porcentaje de daños *in situ* en los tubérculos, el mayor porcentaje de daño ocurrió en el muestreo

4 (26/10/2024), con un 5,71% = 3 tubérculos afectados durante el muestreo. Esta fue la semana donde se registró mayor impacto de la plaga sobre este predio (Figura 6). En los otros muestreos la incidencia de daño en los tubérculos fue baja, a pesar de que se registró capturas en las trampas con feromonas (Figura 6).

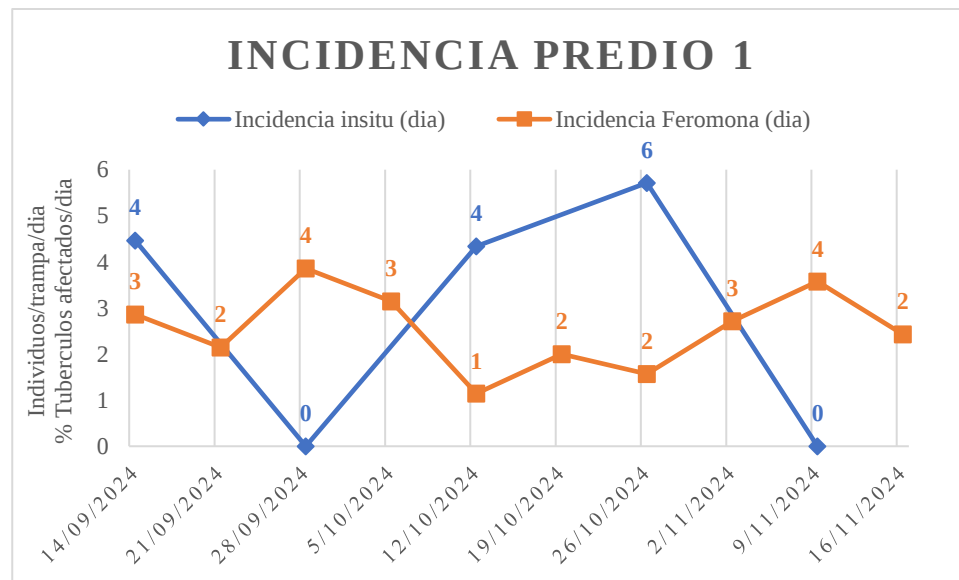


Figura 6. Promedio de captura diaria de polillas de *T. solanivora* con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de *T. solanivora* en el predio 1, vereda el Volcán, municipio de Cerrito, Santander.

Correlación incidencia *in situ*/feromona media

En esta correlación se ven los datos (Tabla 3) donde se muestra el coeficiente de correlación de Pearson ($r = -0.8507$) el cual, evidencia que existe correlación negativa (Tabla 3) entre la incidencia de las polillas en las trampas con feromonas y la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1). Esto indica que, a medida que la incidencia de feromona (X) aumenta, la incidencia *in situ* (Y) tiende a disminuir. La magnitud de esta correlación es alta, lo que implica que las dos variables están estrechamente relacionadas de forma inversa.

El coeficiente de determinación $r^2 = 0.7237$ (Tabla 3) indica que aproximadamente el 72.37% de la variabilidad en la incidencia *in situ* (Y) se explica por las variaciones en la incidencia de feromona (X). Este valor sugiere que la incidencia de feromona es un buen predictor de la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1), ya que una proporción significativa de su variabilidad se debe a la relación entre ambas variables (Tabla 3).

Tabla 3

Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 1

Predio	Coef. correlación Pearson (r)	Coef. Determinación (r ²)
P1	-0,850710121	0,72370771

11.1.3 Predio 2

Incidencia de capturas con feromona (individuos/trampa-1/día-1): Al calcular el promedio de las capturas semanales ajustado a base diaria, se encontró que la mayor captura por día se presentó durante la semana 1, correspondiente al primer muestreo aplicado el 14/09/2024, con un promedio de 26,29 = 26 individuos/trampa-1/día-1 (Figura 7). Este valor refleja un aumento significativo en el número de capturas de *T. solanivora*, en comparación con los demás muestreos, especialmente en relación con la semana 4, donde la captura diaria fue de 22,29 =22 individuos/trampa-1/día-1 (Figura 7), que fue el muestreo que estuvo más cerca. Sin embargo, después de la semana 4, se observó una disminución progresiva en las capturas de individuos, con las semanas siguientes presentando valores más bajos, destacándose la semana 10 (entre el 9 y el 16 de noviembre), donde solo se registraron 3,86 individuos/trampa-1/día-1 (Figura 7).

Incidencia in situ (% de tubérculos/afectados/día-1): En cuanto a la incidencia de daño in situ en los tubérculos (Figura 7), se disparó el porcentaje en la semana 3 de lo contrario se mantenía en 0%, el mayor porcentaje de daño se registró en el último muestreo realizado el 9 de noviembre de 2024, con un 21,20% = 5 tubérculos afectados. Este valor representa el pico más alto de daño durante el periodo de muestreo, indicando un fuerte impacto de la plaga en ese momento específico (Figura 7).

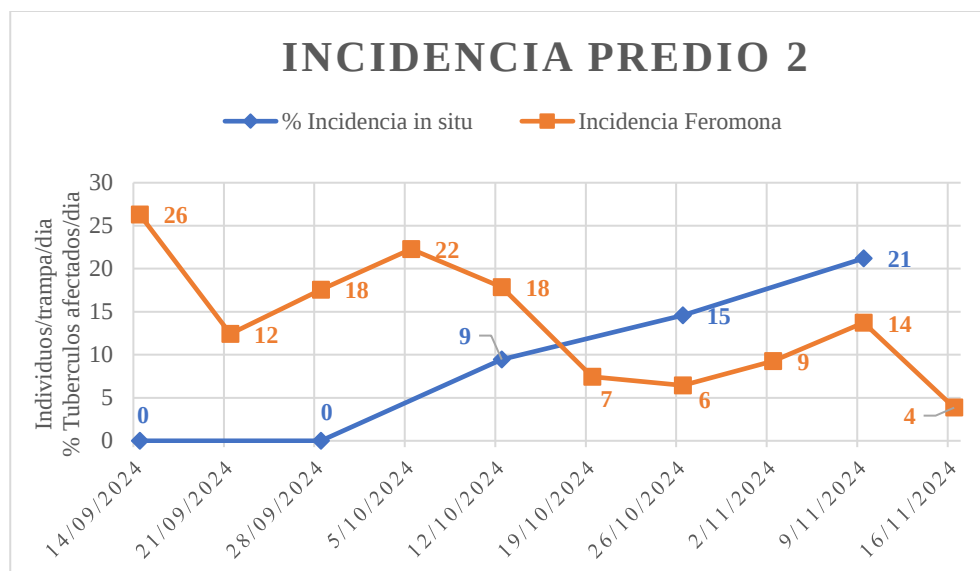


Figura 7. Promedio de captura diaria de polillas de *T. solanivora* con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de *T. solanivora* en el predio 2, del municipio de cerrito, Santander.

Correlación incidencia *in situ*/feromona media

Para los datos (Tabla 4) se observa una relación negativa moderada (Tabla 2) entre ambas variables, como lo indica el coeficiente de correlación de Pearson ($r = -0.7022$) (Tabla 4). Este valor sugiere que, aunque existe una correlación considerable, no es tan fuerte como en otros casos de correlación más estrecha. Es decir, a medida que la incidencia de feromona aumenta, la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) disminuye, pero esta relación no es perfecta y presenta cierta variabilidad (Tabla 4).

En el caso del coeficiente de determinación ($r^2 = 0.4931$) (Tabla 4), indica que aproximadamente el 49.31% de la variabilidad en variable(Y) es corroborada por los cambios de la variable (X). Aunque este porcentaje sugiere que algo más del 50% de la variabilidad en la variable (Y), no está relacionado directamente con la variable (X), la relación sigue siendo relevante, ya que más de la mitad de la variabilidad en la variable (Y) se puede predecir a partir de la otra variable (Tabla 4).

Tabla 4

Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 2

Predio	Coef. correlación Pearson (r)	Coef. Determinación (r ²)
P2	-0,702223728	0,493118164

11.1.4 Predio 3

Incidencia de capturas con feromona (individuos/trampa-1/día-1): El análisis de las capturas/trampa/día, mostró que el mayor promedio de captura ocurrió durante la semana 4, correspondiente al periodo del 5 al 12 de octubre de 2024, con un registro promedio de 19,86= 20 capturas/trampa/día. Este resultado refleja un incremento significativo en la actividad en comparación con las semanas previas. Por ejemplo, en la semana 1 (14 al 21 de septiembre) se obtuvo un promedio de 15,43= 15 individuos/trampa-1/día-1, mientras que en la semana 2 (21 al 28 de septiembre) las capturas descendieron a 12,71= 13 individuos/trampa-1/día-1. Posteriormente, se observó una tendencia decreciente en la actividad capturada, siendo la semana 9 (9 al 16 de noviembre) la de menor registro, con un promedio de 4,86 = 5 individuos/trampa-1/día-1 (Figura 8).

Incidencia *in situ* (% de tubérculos/afectados/día-1): En la gráfica (Figura 8), se puede observar cómo fue subiendo la incidencia progresivamente desde el primer muestreo, para llegar al valor con el pico más alto de daño observado durante todo el periodo, el mayor porcentaje de daño se registró en el último muestreo, realizado el 9 de noviembre de 2024, con un 22,22% = 5 tubérculos/afectados/día-1. Este valor representa una alta incidencia en tubérculos afectados, cabe resaltar que puede haber presencia de otro método que no genera efectividad sobre la plaga, lo que hace representar daños significativos (Figura 8).

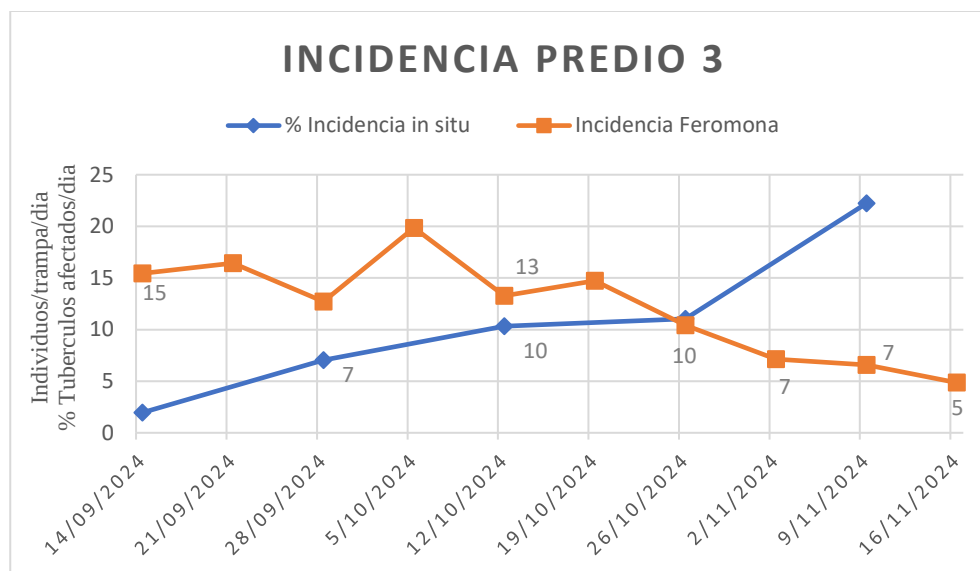


Figura 8. Promedio de captura diaria de polillas de *T. solanivora* con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de *T. solanivora* en el predio 3, del municipio de cerrito, Santander.

Correlación incidencia *in situ*/feromona media

En el caso de este predio los variables muestran una relación fuertemente negativa (Tabla 2) y altamente significativa que se puede ver reflejada por el coeficiente de correlación de Pearson ($r = -0.9599$) (Tabla 5). En otras palabras, a medida que la incidencia de feromona (X) aumenta, la incidencia *in situ* (Y) disminuye de manera notable. Este patrón muestra una relación inversa robusta entre ambas variables (Tabla 5).

Para la determinación ($r^2 = 0.9214$) (Tabla 3) nos dice que el 92.14% de la variabilidad en la incidencia *in situ* (Y) se puede explicar por la incidencia de feromona (X). Este alto valor de r^2 es indicativo de que el comportamiento de la incidencia *in situ* (Y) está muy influenciado por las variaciones en la incidencia de feromona (X), lo que confirma la fuerte relación entre estas dos variables y sugiere que la incidencia de feromona (individuos/trampa-1/día-1) es un excelente predictor de la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) (Tabla 5).

Tabla 5

Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 3

Predio	Coef. correlación Pearson (r)	Coef. Determinación (r ²)
P3	-0,95987009	0,921350589

11.1.5 Predio 4

Incidencia con Feromona (individuos/trampa-1/día-1): En cuanto a las capturas con feromona, el dato más elevado se registró en la Semana 1, entre el 7 y el 14 de septiembre de 2024, con un promedio de 58,57= 59 individuos/trampa-1/día-1, esto indica que la feromona hizo un buen efecto en el predio. Posteriormente, en las semanas siguientes, las capturas mostraron una disminución progresiva, siendo la Semana 9 (26 de octubre al 2 de noviembre de 2024) la que presentó la menor incidencia, con solo 4,86= 5 individuos/trampa-1/día-1 (Figura 9). A lo largo del periodo de muestreo, se observó una reducción constante en las capturas diarias, reflejando una menor presencia de la plaga conforme avanzaba el tiempo (Figura 9).

Incidencia in situ (% de tubérculos/afectados/día-1): En relación con el daño en tubérculos, el mayor porcentaje de daño ocurrió en el muestreo 3, durante el 12 de octubre de 2024, con un 25 % = 5 tubérculos/afectados/día-1 (Figura 9). Este valor fue el más alto de todos los muestreos realizados, esto indica que la aplicación de algún insecticida intervino en la presencia de larvas que causan daño al tubérculo. A partir de ahí, los porcentajes de daño mostraron una tendencia de bajada hasta el último muestreo realizado (Figura 9).

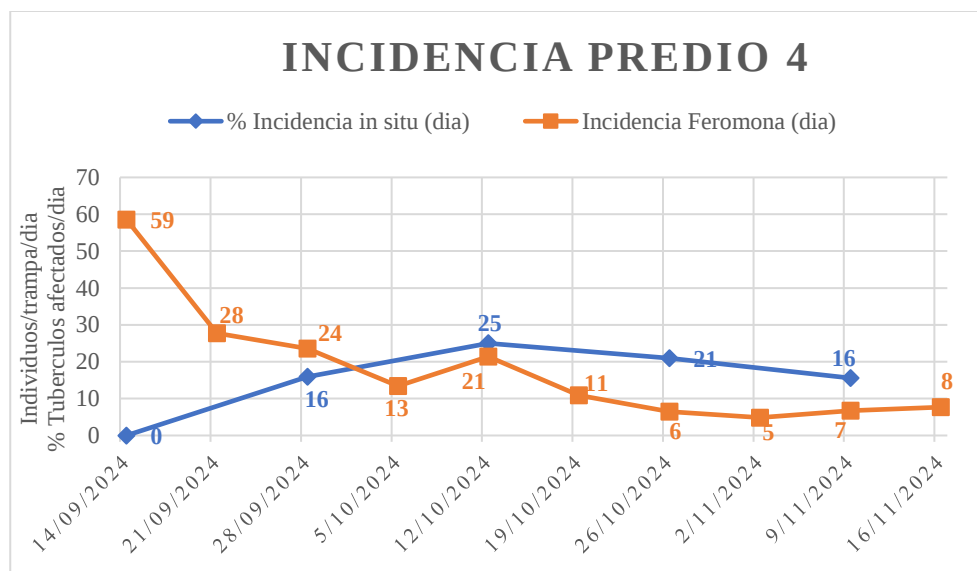


Figura 9. Promedio de captura diaria de polillas de *T. solanivora* con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de *T. solanivora* en el predio 4, del municipio de cerrito, Santander.

Correlación incidencia *in situ*/feromona media

El resultado de estas dos variables no arroja una correlación negativa moderada (Tabla 2) entre ambas, presentando un coeficiente de correlación $r = -0.8145$ (Tabla 6), lo que concuerda que a medida que aumenta la incidencia de feromona (individuos/trampa-1/día-1), la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) tiende a disminuir, y viceversa. La magnitud del coeficiente indica que la relación es moderadamente fuerte, lo que significa que, aunque la correlación es significativa, no es perfecta, y existen otros factores que también pueden influir en la variable (Y) (Tabla 6).

Por otro lado, la determinante $r^2 = 0.6633$ (Tabla 3) indica que aproximadamente el 66.33% de la variabilidad observada en la incidencia *in situ* (Y) puede atribuirse, en gran parte, a las fluctuaciones en la incidencia asociada al uso de feromona (variable X). Este resultado indica que la variable (X) tiene una influencia considerable sobre (Y), explicando una proporción significativa de la variabilidad. Sin embargo, aún queda un 33,67% de la variación en la incidencia *in situ* (Y) que no es explicada por la incidencia de feromona, lo que sugiere la posible influencia de otros factores no contemplados en este objetivo (Tabla 6).

En conjunto, estos resultados sugieren que las feromonas tienen un efecto moderado en la reducción de la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1), lo que podría estar relacionado

con su capacidad para desviar a las plagas hacia las trampas y reducir su presencia en el área observada.

Tabla 6

Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 4

Predio	Coef. correlación Pearson (r)	Coef. Determinación (r ²)
P4	-0,814457887	0,66334165

11.1.6 Predio 5

Incidencia de capturas con feromona (individuos/trampa-1/día-1): La evaluación de la incidencia con feromona individuos/trampa-1/día-1, detallo que el promedio semanal más alto se registró en la semana 5 (del 5 al 12 de octubre de 2024), con un valor de 4,57 = 5 polillas individuos/trampa-1/día-1 (Figura 10). A lo largo del período de muestreo, se observó que las capturas fluctuaron. En la semana 1 (7 al 14 de septiembre) se registraron 3 individuos/trampa-1/día-1, que disminuyeron gradualmente en la semana 3 a 1,71= 2 individuos/trampa-1/día-1. Sin embargo, en la semana 5, se alcanzó el pico más alto de actividad registrada. Posteriormente, las capturas volvieron a disminuir, alcanzando el valor más bajo de 0,86 individuos/trampa-1/día-1 en la semana 7 (del 26 de octubre al 2 de noviembre de 2024) (Figura 10).

Incidencia in situ (% de tubérculos/afectados/día-1): Para esta incidencia el mayor valor se presentó en la semana 4 (26 de octubre de 2024), con un porcentaje de 26,67% = 5 tubérculos/afectados/día-1 (Figura 10). Este resultado contrasta con los datos previos, ya que en la semana 3 (28 de septiembre de 2024) los daños alcanzaron un valor intermedio de 8,52% = 4 tubérculos/afectados/día-1 (Figura 10). Después del pico en la semana 4, la incidencia disminuyó a 14,35% = 4 tubérculos/afectados/día-1 en la semana 7 (9 de noviembre de 2024). En comparación con la incidencia con feromona, los porcentajes de daños mostraron un incremento más pronunciado entre el muestreo 3 y 4, seguido por una reducción progresiva hacia las últimas semanas del muestreo (Figura 10).

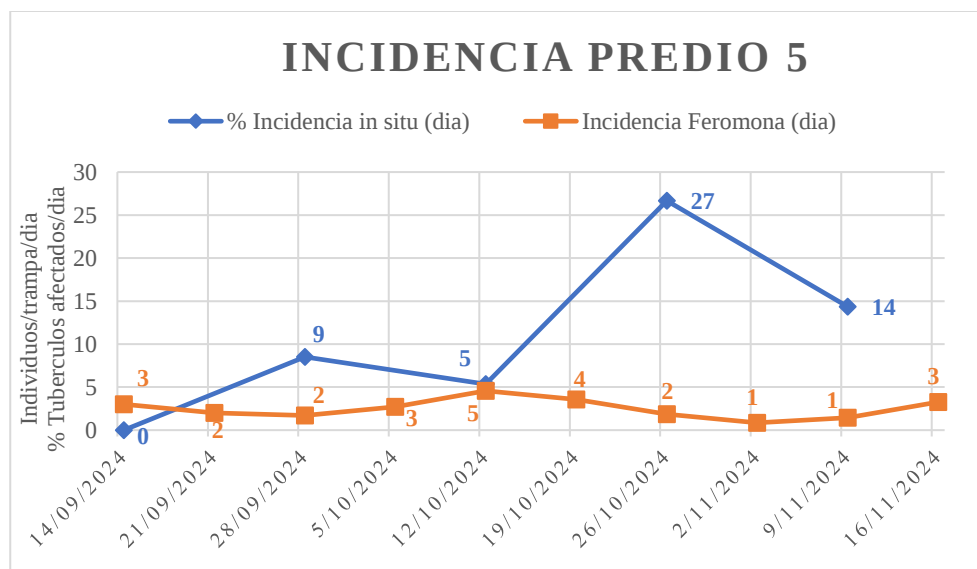


Figura 10. Promedio de captura diaria de polillas de *T. solanivora* con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de *T. solanivora* en el predio 5, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.

Correlación incidencia *in situ*/feromona media

El análisis de la relación entre la incidencia de feromona (variable X) y la incidencia *in situ* (variable Y) revela una correlación moderada y negativa (Tabla 2) según los resultados obtenidos a través del coeficiente de correlación de Pearson $r = -0.5474$ (Tabla 7), el coeficiente de determinación $r^2 = 0.2996$ (Tabla 7).

El coeficiente de correlación (r) indica una relación inversa moderada, lo que significa que, a medida que aumenta la incidencia de feromona (X), la incidencia *in situ* (Y) tiende a disminuir. Sin embargo, esta relación no es lo suficientemente fuerte para demostrar variabilidades precisas de Y en función de X, ya que el valor de r está lejos de -1.

En cuanto a la determinante determinación r^2 demuestra que aproximadamente el 29.96% de la variabilidad observada en la incidencia *in situ* (Y) puede ser explicada por la incidencia de feromona (X). Esto sugiere que, aunque las feromonas influyen en la reducción de la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1), el 70.04% restante de la variabilidad se debe a factores no considerados en el modelo (Tabla 7).

Tabla 7

Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 5

Predio	Coef. correlación Pearson (r)	Coef. Determinación (r ²)
P5	-0,547360398	0,299603406

11.1.7 Predio 6

Incidencia con feromona: Los datos muestran que el promedio más alto de individuos por trampa ocurrió en la semana 3, correspondiente al intervalo entre el 21 al 28 de septiembre de 2024, con un promedio diario de $17.14 = 17$ individuos/trampa-1/día-1 (Figura 11). Este resultado indica una actividad elevada de *T. solanivora* al principio de los muestreos. En semanas posteriores, la incidencia de individuos capturados mostró una disminución progresiva, con valores que descendieron a $12.71 =$ individuos/trampa-1/día-1 (Figura 11) en la semana 4 y culminaron en 1 individuo/trampa/diaria en la última semana (16 de noviembre de 2024). Esto sugiere una disminución sostenida de capturas de la plaga hacia el final del periodo de muestreo.

Incidencia in situ (% tubérculos/afectados/día-1): En cuanto a estos datos, el mayor porcentaje de daños en tubérculos se registró también en la semana 3, con un valor de $14\% = 5$ tubérculos/afectados/día-1, el 12 de octubre de 2024. Este pico representa un aumento considerable respecto a los valores iniciales, ya que en la primera semana (14 de septiembre de 2024) no se registraron daños (0. %). Posterior al máximo, la incidencia bajó notablemente en las siguientes semanas, alcanzando 1.96% el 9 de noviembre de 2024 y 0.00% en la semana 26 de octubre de 2024 (Figura 11).

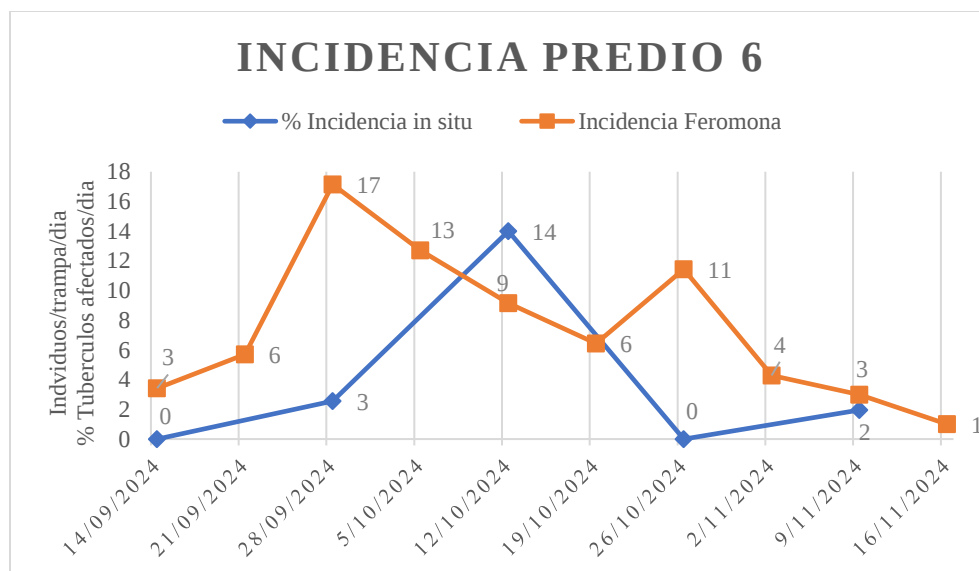


Figura 11. Promedio de captura diaria de polillas de *T. solanivora* con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de *T. solanivora* en el predio 6, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.

Correlación incidencia *in situ*/feromona media

Mediante los resultados obtenidos se obtiene que el coeficiente de correlación de Pearson $r = 0.1032$ (Tabla 8) indica una correlación muy débil y positiva (Tabla 2) entre la incidencia de feromona (individuos/trampa-1/día-1) y la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1). Este valor sugiere que, en general, no hay una relación fuerte entre ambas variables; es decir, los cambios en la incidencia de feromona (individuo/trampa/día) no explican de manera significativa los cambios en la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1). Una correlación tan baja implica que otras variables no consideradas en este análisis podrían estar influyendo en la incidencia *in situ* de *T. solanivora*.

El coeficiente de determinación $r^2 = 0.0107$ (Tabla 8), muestra que solo aproximadamente el 1.07% de la variabilidad en la incidencia *in situ* puede ser explicada por la variabilidad en la incidencia de feromona. Este valor es considerablemente bajo, lo que refuerza la conclusión de que la incidencia de feromona tiene una relación poco significativa con la incidencia *in situ* y no constituye un buen predictor para entender su variabilidad en este contexto.

Tabla 8

Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 7

Predio	Coef. correlación Pearson (r)	Coef. Determinación (r ²)
P6	0,103226746	0,010655761

11.1.8 Predio 7

Incidencia con feromona (individuos/trampa-1/día-1): Al analizar esta grafica (Figura 12) el primero muestreo mostro significancia que fue en el tiempo de (7 al 14 de septiembre de 2024), alcanzando 33.29 individuos/trampas/día. A partir de esta semana, las capturas comenzaron a disminuir, con una reducción notable en las semanas siguientes: 27.71 individuos/trampa-1/día-1, en la segunda semana (21 al 27 de septiembre), 20 capturas en la tercera (28 de septiembre al 4 de octubre) y 14.57 individuos/trampa-1/día-1, en la cuarta semana (5 al 11 de octubre). Las capturas continuaron en descenso hasta llegar a un mínimo de 2.43 capturas por día en la décima semana de muestreo (2 al 9 de noviembre) (Figura 12).

Incidencia in situ (% tubérculos/afectados/día-1): Por esta parte, el porcentaje más alto de daño en tubérculos se registró el 9 de noviembre de 2024 (semana 9), alcanzando un 9.21%= 4 tubérculos/afectados/día-1 (Figura 12). Este porcentaje fue precedido por un aumento progresivo desde el 12 de octubre (semana 4), cuando se reportó un 2.08%, hasta el 26 de octubre (semana 7), con un 7.68%. Tras alcanzar el pico máximo en la semana 9, no se observaron más incrementos que tuvieran relevancia en el muestreo (Figura 12).

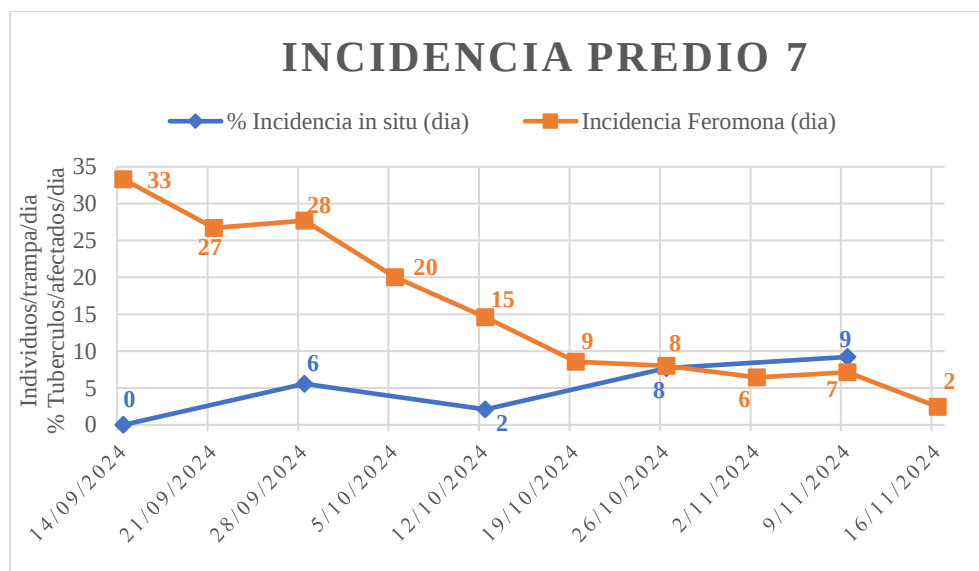


Figura 12. Promedio de captura diaria de polillas de *T. solanivora* con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de *T. solanivora* en el predio 7, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.

Correlación incidencia *in situ*/feromona media

En este predio, el coeficiente de correlación de Pearson $r = -0.7378$ (Tabla 9) indica que existe una correlación negativa significativa (Tabla 2) entre la incidencia de feromona (individuos/trampa-1/día-1) y la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1), lo que significa que a medida que la incidencia de feromona (individuos/trampa-1/día-1) aumenta, la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) tiende a disminuir, aunque no de forma tan fuerte como en otros casos con coeficientes más cercanos a -1. La magnitud del valor (-0.7378) indica que la relación es moderada, lo que sugiere que, si bien las variables están inversamente relacionadas, existen factores no evaluados que afectan como el clima o la aplicación de un insecticida.

Por su parte, el coeficiente de determinación $r^2 = 0.5443$ (Tabla 9) asimilar que aproximadamente el 54.43% de la variabilidad en la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) puede ser explicada por la incidencia de feromona (individuos/trampa-1/día-1). Este valor refleja que, aunque la incidencia de feromona (individuos/trampa-1/día-1) tiene un impacto moderado sobre la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1), casi la mitad de la variabilidad en la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) no se debe exclusivamente a la incidencia de feromona (individuos/trampa-1/día-1), sino que otros factores podrían estar influyendo también.

Tabla 9

Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 7

Predio	Coef. correlación Pearson (r)	Coef. Determinación (r ²)
P7	-0,737800116	0,544349011

11.1.9 Predio 8

Incidencia con feromona (individuos/trampa-1/día-1): El promedio diario más alto de individuos capturados con feromona se presentó durante la semana 1 (14 al 21 de septiembre de 2024), con un valor de 50 individuos/trampa-1/día-1 (Figura 13). Posteriormente, las capturas disminuyeron gradualmente a 40 individuos/trampa-1/día-1 en la semana 2 (14 al 21 de septiembre), y continuaron en descenso en las semanas posteriores, alcanzando valores mínimos de 6,43 individuos/trampa-1/día-1 en la semana 9 (2 al 9 de noviembre de 2024). Este comportamiento evidencia una tendencia decreciente en la actividad de individuos capturadas con feromona a medida que avanzaron las semanas de monitoreo (Figura 13).

Incidencia in situ (% tubérculos/afectados/día-1): El mayor porcentaje de incidencia *in situ*, correspondiente al daño en tubérculos, se registró en la semana 4 (26 de octubre de 2024), con un valor de 43,30% = 12 tubérculos/afectados/día-1. En comparación con otros muestreos, el daño mostró una fluctuación notable, alcanzando valores intermedios como 35% en la semana 3 (12 de octubre de 2024) y mínimos como 16,93% en la semana 1 (14 de septiembre de 2024). En general, se observó un aumento en la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) hacia la mitad del período de monitoreo, seguido de un ligero descenso en las semanas finales (Figura 13).

Este fue el predio donde más se hizo presente *T. solanivora*, tanto en individuos/trampa-1/día-1, como en tubérculos/afectados/día-1.

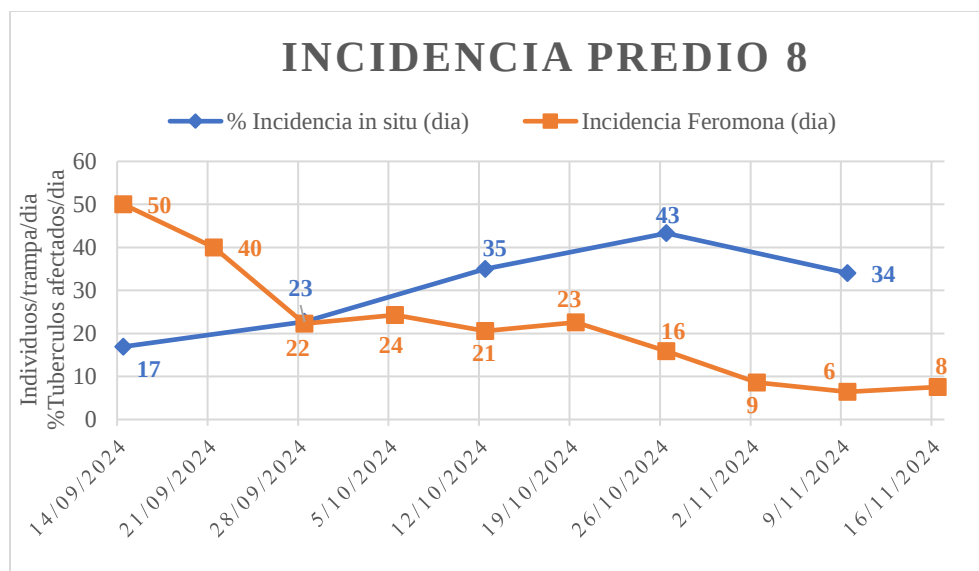


Figura 13. Promedio de captura diaria de polillas de *T. solanivora* con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de *T. solanivora* en el predio 8, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.

Correlación incidencia *in situ*/feromona media

En este predio nos muestra una relación inversa entre la incidencia de feromona (variable X) y la incidencia *in situ* (variable Y), reflejada en un coeficiente de correlación $r = -0.7627$ (Tabla 10). Este valor indica una correlación negativa moderadamente fuerte (Tabla 2) lo que significa que, a medida que aumenta la incidencia de feromona (individuos/trampa-1/día-1), la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) tiende a disminuir. Por lo tanto, esta relación no es completamente perfecta, lo que implica que, aunque el uso de feromonas influye en la reducción de la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1), se puede considerar la presencia de otro método como el uso de insecticidas.

En el caso de la determinante presenta un aproximado del 58.17% (Tabla 10) de la variabilidad en la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) puede ser explicada por los cambios en la incidencia de feromona (individuos/trampa-1/día-1). Esto sugiere que las feromonas tienen un impacto considerable, pero deja un 41.83% de la variación sin explicar. Factores como variables meteorológicas, las prácticas agrícolas o procesos no evaluados podrían ser responsables de esta variabilidad restante.

Tabla 10

Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 8

Predio	Coef. correlación Pearson (r)	Coef. Determinación (r ²)
P8	-0,762713166	0,581731374

11.1.10 Predio 9

Incidencia con feromona (individuos/trampa-1/día-1): Para la incidencia feromona, calculada como el promedio de individuos/trampa-1/día-1, se observó que la semana 7/09/2024 - 214/09/2024 presentó la mayor actividad con un valor promedio de 29,14 individuos/trampa-1/día-1 (Figura 14), lo que indica un alto nivel de actividad de la plaga en este período. A partir de esta semana, las capturas disminuyeron progresivamente, alcanzando valores mínimos de 2,29 individuos/día en la semana 026/10/2024 - 2/11/2024, lo que refleja una baja actividad en las semanas finales (Figura 14).

Incidencia in situ (% de tubérculos/afectados/día-1): En cuanto a la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1), evaluada en cinco muestreos específicos, el mayor porcentaje de incidencia se registró el 26/10/2024, con un valor de 2,33%, mientras que los demás muestreos presentaron niveles inferiores, destacándose un valor mínimo de 0,67% en el 12/10/2024. Estos datos evidencian una fluctuación en la incidencia de la plaga directamente sobre las plantas, con un pico a finales de octubre (Figura 14).

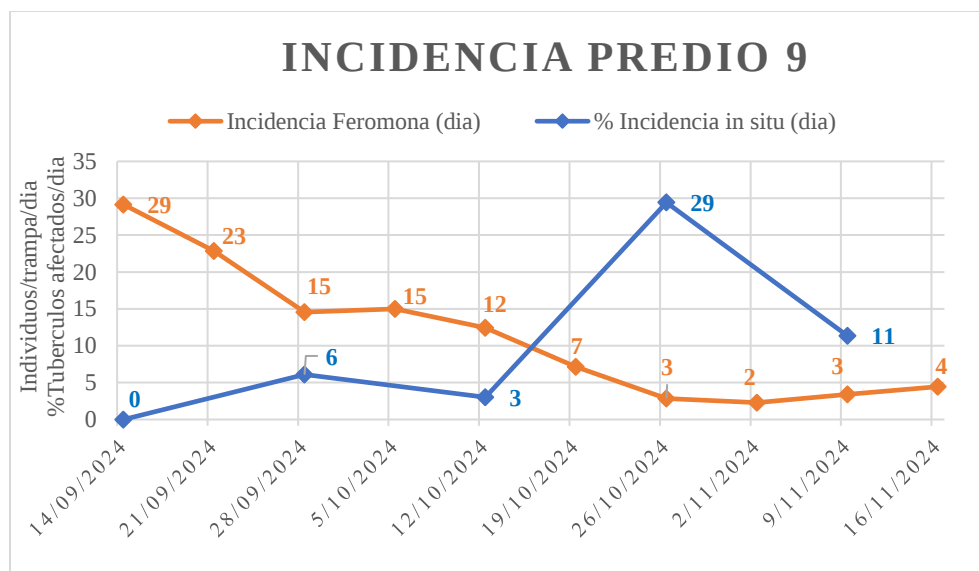


Figura 14. Promedio de captura diaria de polillas de *T. solanivora* con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de *T. solanivora* en el predio 9, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.

Correlación incidencia *in situ*/feromona media

Para estas dos variables nos muestra una relación positiva pero débil (Tabla 2) entre la incidencia de feromona (X) y la incidencia *in situ* (Y), según el coeficiente de correlación de Pearson $r = 0.3234$ (Tabla 3) y el coeficiente de determinación $r^2 = 0.1046$ (Tabla 11).

El valor de r indica que ambas variables están relacionadas de manera directa, es decir, a medida que aumenta la incidencia de feromona, también se observa un ligero incremento en la incidencia *in situ*. Esta correlación es moderada y no lo suficientemente fuerte como para establecer un patrón de estas dos variables (Tabla 2).

Para la parte de determinación r^2 este dato señala que solo el 10.46% de la variación observada en la incidencia *in situ* puede ser atribuida a los cambios en la incidencia de feromona. Este resultado sugiere que la influencia de las feromonas sobre la incidencia *in situ* es limitada donde pueden ser otros causantes los provocadores de las variabilidades observadas (Tabla 11)

Tabla 11

Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) Predio 9

Predio	Coef. correlación Pearson (r)	Coef. Determinación (r^2)
--------	-------------------------------	-------------------------------

P9	0,323386799	0,104579022
----	-------------	-------------

11.1.11 Predio 10

Incidencia con Feromona (individuos/trampa-1/día-1)

Las capturas con feromona mostraron una tendencia variable en los 10 muestreos. La mayor captura diaria promedio se presentó en la semana 4 (del 5 al 12 de octubre de 2024), con un valor de 17,14 individuos/trampa-1/día-1 (Figura 15). Este dato corresponde a la mayor cantidad registrada en todo el período de muestreo, destacándose en comparación con otras semanas en las que las capturas fueron más bajas. Después de la semana 4, las capturas con feromona comenzaron a disminuir gradualmente, alcanzando su nivel más bajo en la semana 9 (del 9 al 16 de noviembre de 2024), con un promedio de 3,57 individuos/trampa-1/día-1. Esto indica una disminución en la actividad de *T. solanivora* por las trampas de feromona a medida que avanzaba el ciclo de muestreo (Figura 15).

Incidencia *in situ* (% tubérculos/afectados/día-1)

Por otro lado, la incidencia *in situ* fue evaluada en 5 fechas específicas, y la mayor incidencia diaria se registró en la semana 5 (el 9 de noviembre de 2024), con $18,47 = 8$ tubérculos/afectados/día-1. Este valor representa el máximo porcentaje de incidencia *in situ* en todo el período de muestreo, lo que indica un aumento en la presencia de las plagas en ese momento. A partir de ese pico en la semana 5, se observó una disminución en la incidencia en las siguientes fechas. En particular, en la semana 4 (del 2 al 9 de noviembre de 2024), la incidencia fue de 17,56 incidencias por día, lo que marcó una reducción en comparación con la semana 5 (Figura 15).

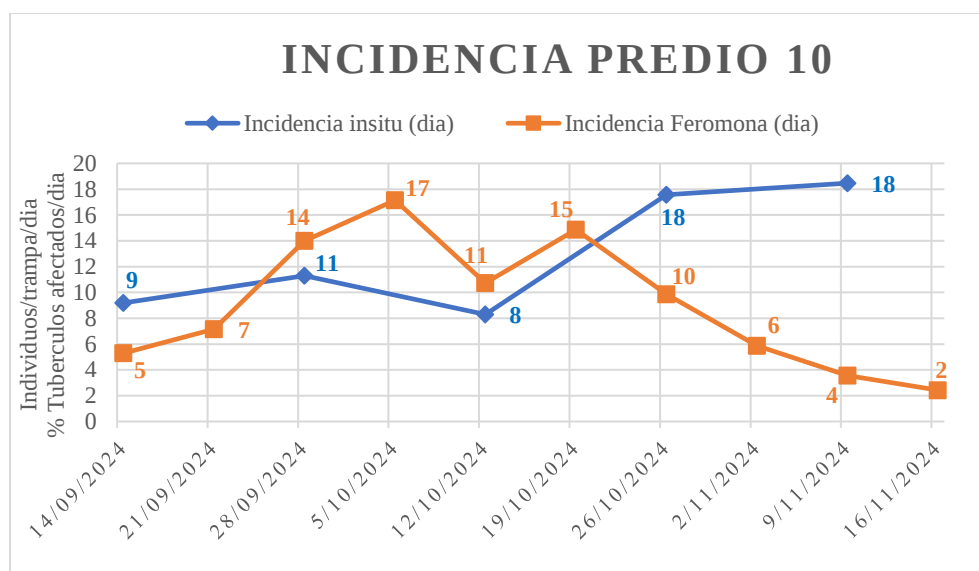


Figura 15. Promedio de captura diaria de polillas de *T. solanivora* con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de *T. solanivora* en el predio 10, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.

Correlación incidencia *in situ*/feromona media

En este caso los datos presentan que hay presencia de una relación inversa (Tabla 2) entre la incidencia de feromona (X) y la incidencia *in situ* (Y), pero esta conexión es débil. El coeficiente de correlación $r = -0.3515$ (Tabla 12) indica que, aunque a medida que aumenta la incidencia de feromona la incidencia *in situ* tiende a disminuir, esta relación no es fuerte ni consistente (Tabla 12).

El coeficiente de determinación $r^2 = 0.1236$ (Tabla 12) señala que solo el 12.36% de las variaciones en la incidencia *in situ* se pueden atribuir a los cambios en la incidencia de feromona.

Tabla 12

Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/dia-1) y % incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/dia-1) Predio 10

Predio	Coef. correlación Pearson (r)	Coef. Determinación (r^2)
P10	-0,351519302	0,123565819

11.1.12 Predio 11

Incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1): Teniendo en cuenta los muestreos realizados se mostró que la mayor captura ocurrió durante la semana 3 (21 al 28 de septiembre de 2024), con un promedio de 20 individuos/trampa-1/día-1 (Figura 16). En comparación con semanas anteriores, la incidencia con feromona mostró una variación fluctuante, alcanzando su máximo en este período antes de descender en semanas posteriores (Figura 16).

Incidencia *in situ* (% tubérculos/afectados/día-1): En esta etapa al iniciar los primeros muestreos se pudo notar que hubo una constante entre muestreos disparándose hacia arriba en el cuarto muestreo, este fue el que presentó el mayor porcentaje, este fue realizado el día 26 de octubre de 2024, con un 33,93% = 10 tubérculos/afectados/día-1 (Figura 16). Al analizar las tendencias, se observó que este valor es significativamente más alto que en los muestreos previos, indicando un incremento notable para esa fecha, seguido de una disminución de más de la mitad en el último muestreo.

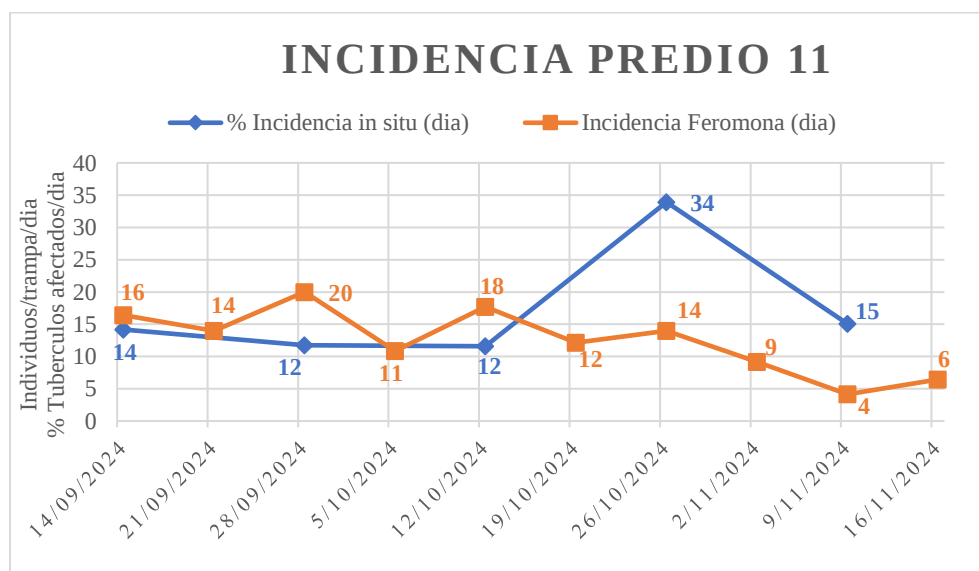


Figura 16. Promedio de captura diaria de polillas de *T. solanivora* con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de *T. solanivora* en el predio 11, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.

Correlación incidencia *in situ*/feromona media

Para esta correlación se pudo observar que la relación entre la incidencia de feromona (X) y la incidencia *in situ* (Y) es una correlación negativa muy baja (Tabla 2). El coeficiente de correlación $r = -0.1737$ (Tabla 13) muestra que apenas hay una conexión entre las dos variables,

lo que sugiere que los cambios en la incidencia de feromona (individuos/trampa-1/día-1) tienen poco impacto en la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1). Esta relación es tan débil que cualquier disminución observada en la incidencia *in situ* podría deberse a factores externos no analizados (Tabla 13).

El coeficiente de determinación ($r^2 = 0.0302$ (Tabla 13) refuerza esta conclusión, ya que muestra que solo el 3.02% de las variaciones en la incidencia *in situ* se deben a la incidencia de feromona. En otras palabras, el 97% de los cambios en la incidencia *in situ* están influenciados por otros factores, como el clima etc. (Tabla 13).

Tabla 13

Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 11

Predio	Coef. correlación Pearson (r)	Coef. Determinación (r^2)
P11	-0,173659421	0,030157594

11.1.13 Predio 12

Incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1): La grafica nos muestra el período con mayor captura registrada ocurrió durante la semana 1 (7 al 14 de septiembre de 2024), con un promedio de 25 individuos/trampa-1/día-1 (Figura 17). Posteriormente, las capturas disminuyeron de manera progresiva, alcanzando el nivel más bajo en la semana del 2 al 19 de noviembre de 2024, con $1,86 = 2$ individuos/trampa-1/día-1. Este comportamiento evidencia una disminución sostenida en la incidencia de individuos capturados por la feromona conforme avanzaron las semanas.

Incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1): Para este muestreo la gráfica (Figura 17) nos enseña el máximo porcentaje de incidencia *in situ*, el muestreo realizado el 12 de octubre del 2024 presento un valor de 16,87% que equivale a 6 tubérculos/afectados/día-1 (Figura 17). Comparando con otros muestreos, esta cifra es notablemente superior. Antes de esta fecha, se registró un aumento en la incidencia desde valores más bajos (como el 7,91% del 14 de septiembre), seguido por una disminución en los muestreos posteriores, siendo el más bajo el 26 de octubre de 2024, con un 6,08%, en si la incidencia *in situ* se mantuvo constante (Figura 17).

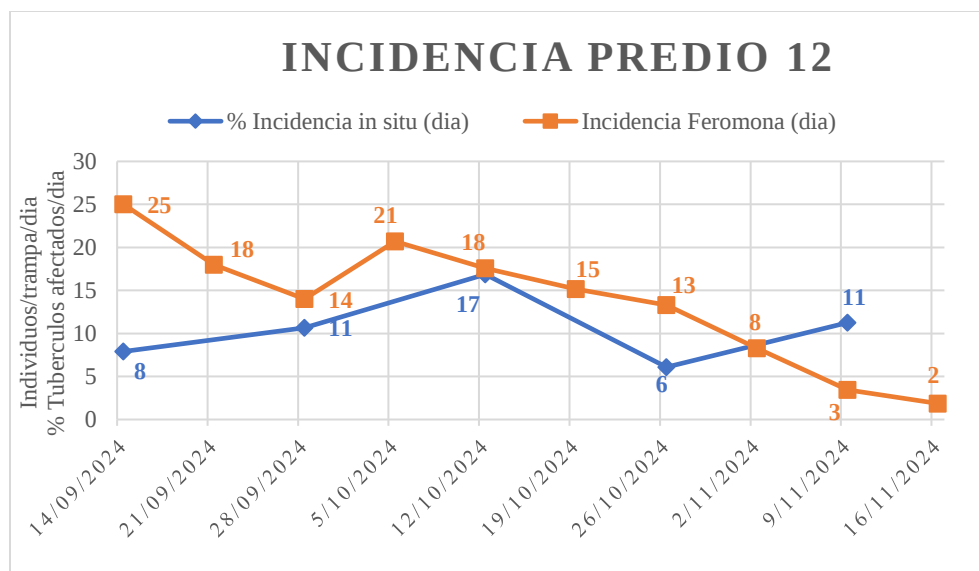


Figura 17. Promedio de captura diaria de polillas de *T. solanivora* con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de *T. solanivora* en el predio 12, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.

Correlación incidencia in situ/feromona media

Los resultados muestran que no hay una relación significativa (Tabla 2) entre la incidencia de feromona (X) y la incidencia *in situ* (Y). El coeficiente de correlación $r = -0.0833$ (Tabla 14) es cercano a cero, lo que indica que los cambios en la variable (X) apenas tienen impacto en la variable (Y). En otras palabras, no existe una conexión clara entre ambas variables (Tabla 14).

El coeficiente de determinación $r^2 = 0.0069$ (Tabla 14) refuerza esta conclusión, ya que indica que solo el 0.69% de las variaciones en la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) pueden explicarse por la incidencia de feromona (individuos/trampa-1/día-1). Esto significa que más del 99% de los cambios en la incidencia *in situ* dependen de otros factores, como las condiciones ambientales (Tabla 14).

Tabla 14

Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 12

Predio	Coef. correlación Pearson (r)	Coef. Determinación (r^2)
P12	-0,083301867	0,006939201

11.1.14 Predio 13

Incidencia con Feromona (individuos/trampa-1/día-1): Durante las observaciones, el promedio de las capturas semanales, convertido a un valor diario, reveló que la mayor captura se presentó en la semana 2 (21/09/2024), con un promedio de $33,43 = 33$ individuos/trampa-1/día-1. La presencia del insecticida pudo repercutir en la fluctuación de *T. solanivora* en la semana 2. En comparación, las semanas siguientes mostraron una disminución en las capturas. La menor captura se observó en la semana 9 (9/11/2024), con $3,29 = 3$ individuos/trampa//día, lo que indica una tendencia descendente en las capturas con feromona a lo largo del periodo de muestreo. Este descenso en las capturas sugiere una posible disminución de la población objetivo o una menor atracción de las feromonas durante las semanas más avanzadas (Figura 18).

Incidencia *in situ* (% tubérculos/afectados/día-1): En cuanto a este parámetro, el mayor porcentaje de daño observado ocurrió en el segundo muestreo, el 28/09/2024, con $31,75 \% = 9$ tubérculos/afectados/día-1 (Figura 18). Desde ese punto, la incidencia experimentó fluctuaciones, pero en general, no se presentó un aumento constante. La menor incidencia se observó en el muestreo del 26/10/2024 (semana 7), con $13,23$ tubérculos/afectados/día-1, lo que sugiere que, en ese período, la población *T. solanivora* pudo haber sido más controlada o menos activa. La variabilidad en los porcentajes de incidencia a lo largo de los cinco muestreos refleja cambios en la dinámica de la plaga (Figura 18).

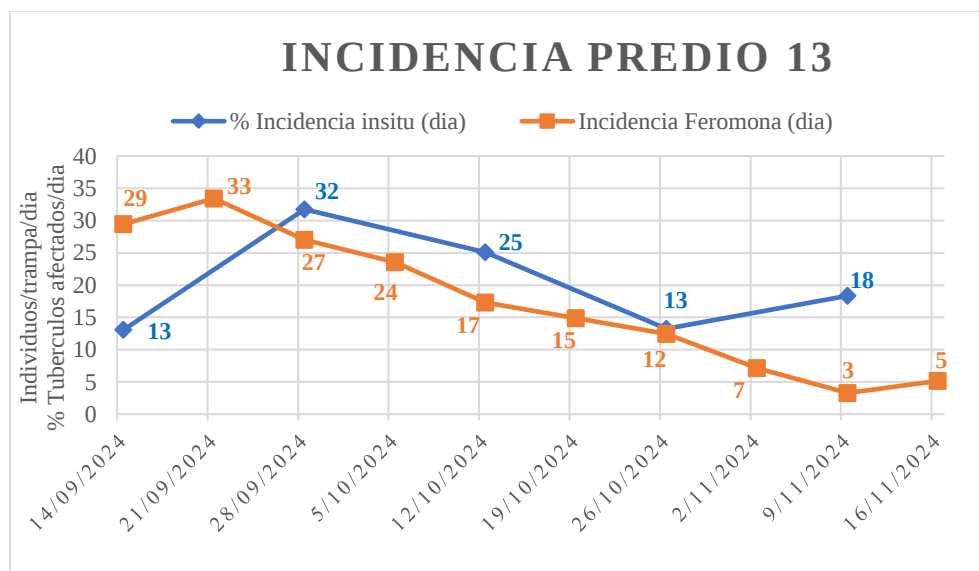


Figura 18. Promedio de captura diaria de polillas de *T. solanivora* con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de *T. solanivora* en el predio 13, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.

Correlación incidencia *in situ*/feromona media

Los resultados indican una relación positiva pero débil (Tabla 2) entre la incidencia registrada en trampas con feromonas sexuales (X) y la incidencia observada *in situ* (Y). Esto se refleja en el coeficiente de correlación $r = 0.2454$ (Tabla 15), el cual sugiere que, aunque un aumento en la incidencia medida con feromonas está ligeramente asociado con un incremento en la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1), esta relación es mínima y carece de consistencia significativa.

Para el coeficiente de determinación $r^2 = 0.0602$ (Tabla 15) señala que solo el 6.02% de las variaciones en la incidencia *in situ* pueden explicarse a partir de los datos obtenidos con feromonas, lo que demuestra que la mayor parte de las fluctuaciones en los valores *in situ* están influenciadas por otros factores no considerados en este análisis.

Tabla 15

Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) Predio 13

Predio	Coef. correlación Pearson (r)	Coef. Determinación (r^2)
P13	0,245396722	0,060219551

11.1.15 Predio 14

Incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1): En este caso nos muestra que la semana con mayor captura ocurrió durante la semana 2 (14/09/2024 al 21/09/2024), con un promedio de $32,86 = 33$ individuos/trampa-1/día-1 (Figura 19). Tras este pico, las capturas disminuyeron gradualmente, siendo la semana 9 (2/11/2024 al 9/11/2024), con menor promedio con $5,43 = 5$ individuos/trampa-1/día-1s. Esto refleja una tendencia descendente en la captura de individuos con feromona conforme transcurrieron las semanas (Figura 19).

Incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1): El mayor valor de incidencia *in situ* se presentó en el tercer muestreo, realizado el 28/09/2024, con un $19,33\% = 19$ tubérculos/afectados/día-1 (Figura 19). Este valor fue superior al registrado en el primer muestreo del 14/09/2024, donde se obtuvo un 10%. Posteriormente, los niveles de incidencia oscilaron, destacando una disminución para el muestreo del 26/10/2024, que tuvo un 13,33%, y un leve repunte en el muestreo del 9/11/2024, alcanzando 18,33% (Figura 19).

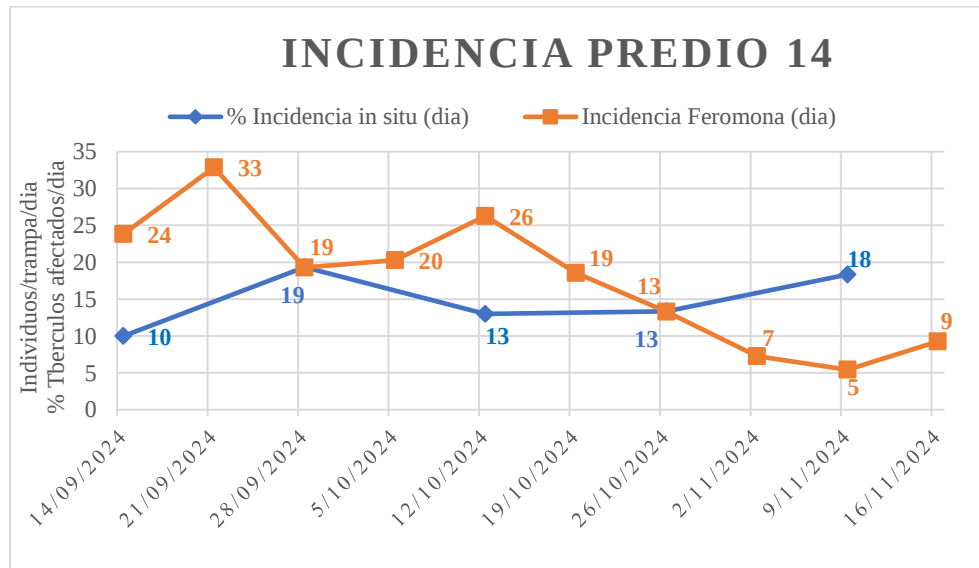


Figura 19. Promedio de captura diaria de polillas de *T. solanivora* con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de *T. solanivora* en el predio 14, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.

Correlación incidencia *in situ*/feromona media

Para esta correlación nos muestra que hay una relación inversa moderada (Tabla 2) entre la incidencia de feromona (X) y la incidencia *in situ* (Y), con un coeficiente de correlación $r = -0.5652$ (Tabla 16). Esto significa que, en general, cuando aumenta la incidencia de feromona (individuos/trampa-1/día-1), la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) disminuye, pero esta relación no es completamente consistente ni predecible.

El coeficiente de determinación $r^2 = 0.3195$ (Tabla 16) indica que la incidencia de feromona explica alrededor del 32% de los cambios en la incidencia *in situ*. Sin embargo, el 68% restante se debe a otros factores no considerados en este análisis, como condiciones ambientales variables edafoclimáticas.

Tabla 16

Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Predio 14

Predio	Coef. correlación Pearson (r)	Coef. Determinación (r^2)
P14	-0,565230742	0,319485791

11.1.16 Predio 15

Incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1): El mayor promedio de capturas con feromona ocurrió en la primera semana (7/09/2024 al 14/09/2024), con un valor de $26,43 = 26$ individuos/trampa-1/día-1. Posteriormente, las capturas comenzaron a disminuir, alcanzando su nivel más bajo en la novena semana (9/11/2024 al 16/11/2024), con un promedio de $3,43 = 3$ individuos/trampa-1/día-1 (Figura 20). Este descenso refleja una clara tendencia a la disminución de capturas con feromona a medida que avanzaron las semanas (Figura 20).

Incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1): El mayor porcentaje de incidencia *in situ* se registró en el segundo muestreo, realizado el 28 de septiembre de 2024, con un valor de $18,77\% = 6$ tubérculos/afectados/día-1 (Figura 20). Este resultado fue superior al del primer muestreo, realizado el 14/09/2024, que obtuvo un $17,59\% = 4$ tubérculos/afectados/día-1 (Figura 20). Después de este pico, la incidencia disminuyó de forma progresiva, alcanzando su nivel más bajo en el quinto muestreo (12/10/2024) con un valor del $2,78\% = 1$ tubérculo afectado/día (Figura 20).

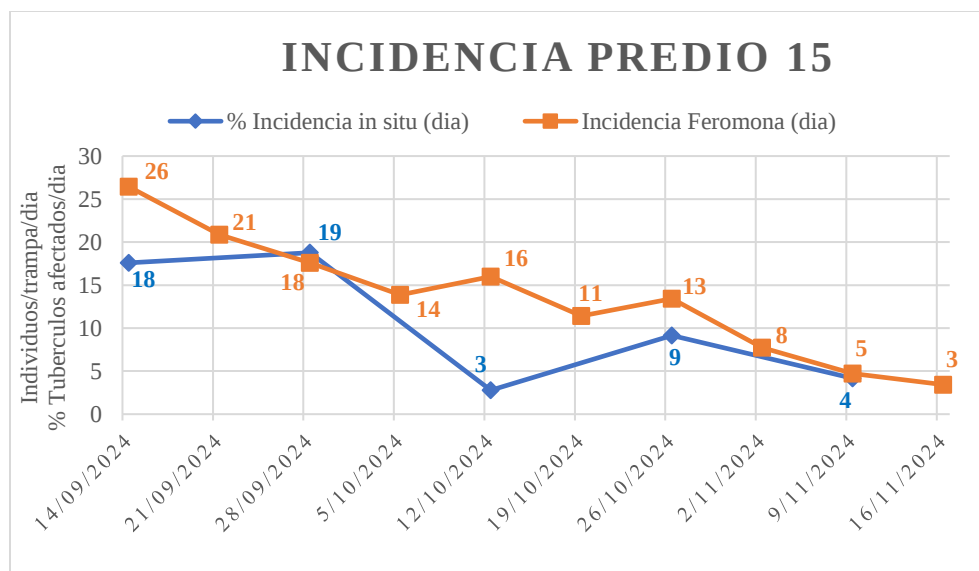


Figura 20. Promedio de captura diaria de polillas de *T. solanivora* con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de *T. solanivora* en el predio 15, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander.

Correlación incidencia in situ/feromona media

La relación entre la incidencia de feromona (X) y la incidencia *in situ* (Y) muestra una correlación positiva moderada (Tabla 2) el coeficiente de correlación $r = 0.6975$ (Tabla 17) determina lo que significa que, en general, cuando aumenta la presencia de feromona, también tiende a aumentar la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1), aunque esta relación no es perfectamente lineal.

El coeficiente de determinación $r^2 = 0.4866$ (Tabla 17) indica que casi el 49% de las variaciones en la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) pueden explicarse por los cambios en la incidencia de feromonas (individuos/trampa-1/día-1), mientras que el resto se debe a otros factores. Esto muestra que las feromonas tienen un impacto importante, pero no exclusivo, en la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1).

Tabla 17

Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) Predio 15

Predio	Coef. correlación Pearson (r)	Coef. Determinación (r^2)
P15	0,697537433	0,486558471

11.1.17 Incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) y feromona (individuos/trampa-1/día-1) total 15 predios

Entre los predios evaluados (Figura 21), se destacan aquellos con una alta presencia de *T. solanivora*, reflejada tanto en el porcentaje de daños en tubérculos como en las capturas por trampa. El predio 8 presentó el mayor porcentaje de daños en tubérculos, con una incidencia del 30,40%, mientras que las capturas por trampa también fueron altas 21,81 individuos/trampa-1/día-1, lo que resalta una significativa actividad de la plaga en esta zona. Jaramillo *et al.* (1996) reportaron que, en el municipio de Granada, Antioquia, la incidencia de tubérculos afectados por *T. solanivora* fue del 28.3% por día. De manera similar, en la investigación realizada en el predio 8 30.40%, se observó una media de incidencia comparable en los tubérculos afectados. De manera similar, el Predio 4 mostró una incidencia elevada y consistente entre ambas variables, con un 15,49% de daños en tubérculos y 18,13 individuos/día por trampa. Por su parte, el Predio 13 registró valores igualmente altos, con un porcentaje de daños en tubérculos de 20,30% y una incidencia de 17,36 individuo/día. Estos resultados reflejan una correlación directa entre las capturas de feromonas y los daños observados, evidenciando que estos predios enfrentan una mayor presión de la plaga (Figura 21).

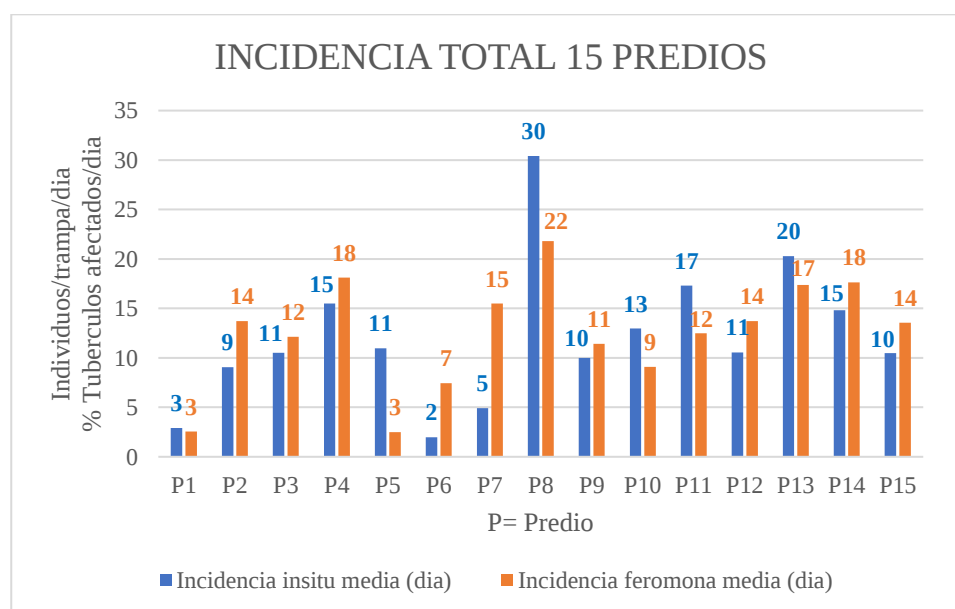


Figura 21. Promedio de captura diaria de polillas de *T. solanivora* con trampas con feromona sexual e incidencia promedio de tubérculos de papa afectados con larvas de *T. solanivora* en los 15 predios totales, vereda el Volcán del municipio de cerrito, Santander. Media= Promedio de

los datos de individuos/trampa/día y % tubérculos afectados hallados entre los 10 muestreos por día

11.1.18 Correlación feromona/in situ 15 predios

El análisis de la correlación entre la incidencia de feromona (variable X) y la incidencia *in situ* (variable Y) revela una relación positiva moderada (Tabla 2) entre ambas variables, como se observa en el coeficiente de correlación de Pearson $r = 0.6484$ (Tabla 18). Este valor indica una correlación moderada entre las dos variables, lo que demuestra que a medida que la incidencia de feromona (individuos/trampa-1/día-1) aumenta, la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) también tiende a aumentar. Sin embargo, esta relación no es tan fuerte como en casos de alta correlación (r cercanos a 1), lo que implica que, aunque existe una tendencia positiva, otros factores también pueden estar influyendo en la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1).

Para la determinación $r^2 = 0.4204$ (Tabla 17) indica que aproximadamente el 42.04% de la variabilidad en la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) puede ser explicada por las variaciones en la incidencia de feromona (individuos/trampa-1/día-1). Este valor sugiere que más de la mitad de la variabilidad de la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1) se debe a otros factores no considerados en esta correlación, lo que limita la capacidad predictiva de este modelo. No obstante, el 42% de explicabilidad aún es significativo, lo que sugiere que la incidencia de feromona (individuos/trampa-1/día-1) tiene un impacto importante en la incidencia *in situ* (tubérculos/afectados/día-1), aunque pueden estar involucrados algunos factores como las altas precipitaciones, aplicación de un insecticida que pueden cambiar este resultado (Tabla 18).

Tabla 18

Resultado de la correlación entre incidencia feromona (individuos/trampa-1/día-1) y % incidencia in situ (tubérculos/afectados/día-1) Total 15 predios

Predio	Coef. correlación Pearson (r)	Coef. Determinación (r^2)
1-15	0,648362917	0,420374472

11.2 Objetivo 2.

Proponer una estrategia de manejo de *T. solanivora* con base en el manejo químico que realizan los agricultores y el uso de feromonas sexuales en el cultivo de papa en el Cerrito, Santander.

Con los resultados del objetivo anterior obtuvimos la cifra total de individuos capturados durante los 10 muestreos en los 15 predios. Esta cifra tuvo un total de 13231 individuos siendo los predios 4, 7, 8, 13, 14 los que más tuvieron individuos/trampa/semanal, superando los 1000 individuos en total por cada predio en los 10 muestreos. Con base en esto, se propone el uso de las trampas con feromonas sexuales, las cuales, sirven para bajar la incidencia de esta plaga en campo. Esto ayuda a disminuir las pérdidas causadas por *T. Solanivora*. Adicionalmente, disminuye la dependencia de los insecticidas de síntesis química como única medida de control.

En relación con la forma como los agricultores realizan el control de *T. Solanivora* se encontró que los agricultores en la región de estudio manejan esta plaga principalmente con los siguientes ingredientes activos de insecticidas: Cipermetrina, Lambdacialotrina, Bifentrina, Zeta-Cipermetrina, Permetrina y Thiametoxam. Debido a que la mayor parte de estos productos pertenecen a dos grupos químicos (piretroides y neocotinoide) se presenta alta probabilidad de surgimiento de poblaciones de *T. Solanivora* resistentes a estos productos.

Por lo anterior, se propone, adicionalmente al uso de trampas con feromona sexual, incluir nuevos ingredientes activos con mecanismo de acción diferentes a los que habitualmente usan los agricultores en esta región. Algunos de estos son:

El Acefato (Magestic), un insecticida organofosforado, que actúa de forma sistémica inhibiendo la enzima acetilcolinesterasa, lo que afecta el sistema nervioso de las larvas. Su efecto persiste en la planta durante 10 a 15 días, dependiendo de las condiciones ambientales. Si bien es efectivo en el control de larvas tempranas, su eficacia disminuye si se enfrenta a poblaciones altas, por lo que se recomienda usarlo en las primeras fases de infestación como medida preventiva (Tabla 2) (Pozuelo, 1993). En Colombia, Soriano (2003) estudió la eficacia de acefato y triclorfon bajo condiciones de elevada presencia de plaga y sin incluir otras prácticas complementarias recomendadas para el Manejo Integrado de la plaga, a excepción de la colocación de 16 trampas/ha. Los resultados mostraron que con acefato y triclorfon se obtuvo un 30,01% y 3,79% de tubérculos sanos respectivamente y concluye que la aplicación parcial de las

medidas que conforman el manejo integrado resulta en un pobre control del daño causado por *T. solanivora* en campo.

El Cloranthraniliprol (Coragen), del grupo de las diamidas, que actúa como un activador de los receptores de rianodina, lo que provoca parálisis muscular y la muerte de la plaga. Este producto es sistémico y tiene una residualidad prolongada de 20 a 30 días en la planta, ofreciendo un control altamente efectivo contra larvas de *T. solanivora*, especialmente en el suelo y dentro de los tubérculos. Es ideal aplicarlo en etapas de alta incidencia de la plaga (Tabla 2) (González y García, 2016).

El Spinosad (Tracer), una espinosina, es un insecticida de contacto y por ingestión que modula receptores nicotínicos y GABA en el sistema nervioso del insecto. Aunque no es sistémico, su duración en la planta es de 5 a 7 días, siendo efectivo principalmente en el control de larvas expuestas. Es más adecuado como tratamiento complementario para reducir poblaciones activas en la superficie (Tabla 19) (Santos y Pereira, 2020).

El Thiodicarb + Triflumuron (Destello) combina un carbamato que inhibe la acetilcolinesterasa con un regulador de crecimiento de insectos (IGR) que impide la síntesis de quitina. Este insecticida tiene un efecto sistémico parcial, con una duración de 15 a 20 días. Es efectivo contra estados larvales jóvenes y también ayuda a interrumpir el ciclo de vida de la plaga, evitando el desarrollo de nuevas generaciones, en campo se recomienda para etapas de desyerbe y aporque, en estas etapas están susceptibles los huevos. Clavijo y Notz (1995) compararon la eficacia del insecticida thiodicarb usado como ovicida en contra de especies pertenecientes a dos familias de lepidópteros, cuando se aplicó contra especies de Gelechiidae, este insecticida resultó prácticamente inofensivo contra *Phthorimaea operculella* y *T. solanivora*. (Tabla 19).

El Thiametoxam + Lambdaialotrina (Gruya) combina un neonicotinoide y un piretroide. Actúa como un agonista de los receptores nicotínicos y afecta los canales de sodio, proporcionando un efecto de contacto y sistémico. Su residualidad es de 10 a 15 días, y ofrece un control eficiente de larvas de *T. solanivora*, especialmente en cultivos donde se requiere protección inmediata y persistente (Tabla 2). En Tenerife, Perera y Trujillo, en 2008 evaluaron tres insecticidas en el control de la polilla de la papa (clorpirifos, tiacloprid y lambda cihalotrin) sin obtener diferencias significativas entre las parcelas tratadas con insecticidas y las parcelas sin tratar (testigo). En este ensayo se obtuvo el mayor porcentaje en peso de tubérculos con daños

provocados por polilla en las parcelas tratadas con clorpirifos y tiacloprid con un 51,3% en ambos casos, seguidas de las parcelas que no han recibido ningún tratamiento (testigo) con un 48,0% y por las parcelas tratadas con lambda cihalotrin con un 45,7%.

El Metomil (Lannate), un organofosforado de contacto y sistémico, inhibe la acetilcolinesterasa. Tiene una duración en la planta de 7 a 10 días y es efectivo contra larvas pequeñas. Sin embargo, su uso debe ser estratégico debido al riesgo de desarrollo de resistencia (Tabla 19) (Cabrera, 2015).

Finalmente, el Clorantraniliprol + Lambdacialotrina (Ampligo) combina una diamida y un piretroide, lo que permite un efecto sistémico y de contacto. Su duración en la planta es de 20 a 30 días, proporcionando un control prolongado y efectivo contra larvas de *T. solanivora*, tanto en el suelo como en los tubérculos (Tabla 19) (Bihari et al. 2024)

Como recomendación la rotación de ingredientes activos es eficaz en el control de este insecto plaga.

Tabla 19

Esquema de rotación, estrategia para polilla guatemalteca (T. solanivora)

Ingrediente Activo	Producto Comercial	Grupo Químico	Mecanismo de acción
Acefato	Magestic	Organofosforado	Inhibidor de acetilcolinesterasa
Clorantraniliprol	Coragen	Diamida	Activador de receptores de rianodina
Spinosad	Tracer	Espinosina	Modulador de receptores nicotínicos y GABA
Thiodicarb + Triflumuron	Destello	Carbamato + reguladores de crecimiento de insectos (IGRs)	inhibiendo la enzima acetilcolinesterasa + inhibidores de la síntesis de quitina
Thiametoxam + Lambdacialotrina	Gruya	Neocotinoide + Piretroide	Agonistas de los receptores nicotínicos de acetilcolina + Canales de sodio
Metomil	Lannate	Organofosforado	Inhibidor de acetilcolinesterasa

Clorantraniliprol + Lambdacialotrina	Ampligo	Diamida + piretroide	Activador de receptores de rianodina + canales de sodio
---	---------	-------------------------	--

12. Discusión

En el estudio realizado por Araque (2000) en el CRECED, provincia de Pamplona, Norte de Santander, en la parcela Casa vieja – Chitaga 1998, se registró un total de 569 individuos durante un período de setenta días, con un promedio de 8 individuos/trampa-1/día-1. Utilizando feromonas sexuales como atrayente, los resultados obtenidos mostraron relación con los datos de esta investigación en dos predios uno para el predio 6 (Figura 21) donde se reportó un promedio de 7.43 individuos/trampa/noche, y del predio 10 (Figura 21) con un promedio de 9.09 individuos/trampa/noche. Con los datos obtenidos en esta investigación, se evidencia una significancia en las capturas, demostrando la eficacia del uso de feromonas sexuales como herramienta para el monitoreo y control de *T. solanivora*, y la concordancia entre los resultados obtenidos en este estudio.

En la vereda el volcán del municipio del Cerrito se encontró que los agricultores manejan principalmente la plaga *T. solanivora* utilizando insecticidas con ingredientes activos como cipermetrina, Lambdacialotrina, Bifentrina, zeta-cipermetrina, permetrina y Thiametoxam. Dado que la mayoría de estos productos pertenecen a los grupos químicos de piretroides y Neocotinoides, existe una alta probabilidad de que las poblaciones de *T. solanivora* desarrollen resistencia, como ha sido reportado en investigaciones previas (Bacca et al., 2017). Encontró una asociación con la región II del gen *para* del canal de sodio, previamente identificada como un sitio sensible a piretroides en otras plagas de artrópodos. Se determinó que esta región del gen en *T. solanivora* tiene una longitud de 470 pb, mostrando una alta similitud con genes de otras plagas insectiles. Además, identificaron una mutación puntual en la posición IIS6 (L1014F) del gen. La mutación parece estar ampliamente distribuida en Colombia, posiblemente debido al flujo génico de *T. solanivora* desde Boyacá hacia otras regiones. Este hallazgo representa la primera identificación de una mutación específica asociada a la resistencia de *T. solanivora* a un piretroide, lo que podría explicar la creciente ineficacia de estos insecticidas para controlar esta plaga.

En cuanto a los resultados de la investigación el control químico es eficiente cuando se rotan moléculas químicas que afecten diferentes mecanismos de acción de *T. solanivora* en

proporción de contraer resistencia y mutar estos mecanismos en base a los resultados por Gutiérrez *et al.* (2019) identificaron resistencia múltiple en *T. solanivora* frente a diversos insecticidas, incluidos piretroides, según lo señalado por Bacca *et al.*, (2017), así como organofosforados y carbamatos, al analizar ocho poblaciones de esta plaga. Además, determinaron que las poblaciones resistentes presentan un costo adaptativo debido a la exposición a estos compuestos, lo que se refleja en una reducción del ciclo de vida en 3.8 días, un aumento en la mortalidad de larvas y un retraso en la oviposición de nueve días en comparación con poblaciones susceptibles. Es probable que esta adaptación favorezca la selección de características que minimicen la exposición a los insecticidas aplicados al suelo.

Aspectos generales del control químico señalados por Cisneros (1995), son de particular relevancia en el manejo de la polilla guatemalteca en cuanto a la oportunidad de aplicación y que consiste en determinar el momento en que debe aplicarse un insecticida, ya que en algunos casos se realizan aplicaciones tempranas cuando no hay la presencia de la plaga, o cuando aún no hay posibilidades de que ocurran daños incurriendo en gastos innecesarios. Por el contrario, si las aplicaciones son tardías, cuando las larvas ya se encuentran dentro de los tubérculos, no se logra evitar los perjuicios ocasionados por la plaga.

En base a la estrategia de control químico (Tabla 19) se hará en base a la presencia de la plaga en campo mediante sus capturas como lo dice (Avilés y Piedra, 2017). Los muestreos se hacen semanalmente, sobre todo después del aporque, cuando empieza el período crítico del daño de polilla. El umbral de acción para esta plaga es de 60-100 adultos por trampa por semana. En zonas donde se sabe que las poblaciones de polillas son muy altas se toma un promedio de 60 polillas por trampa por hectárea.

13. Conclusiones

- ✓ Las trampas de feromona ha demostrado ser una herramienta eficaz para reducir la incidencia de *T. solanivora* en los cultivos de papa. La captura de machos adultos mediante estas trampas contribuye al monitoreo de la plaga, lo que permite conocer la incidencia de la plaga en el predio. Al atraer y capturar a los insectos antes de que lleguen a las plantas, se reduce significativamente el número de hembras que pueden ovopositar, lo que a su vez disminuye el daño a los tubérculos, por lo tanto, también puede ser usada como una medida de control.

- ✓ En la región de estudio existe un alto uso de piretroides para el control de *T. solanivora* en el cultivo de papa, lo cual, puede seleccionar individuos resistentes de esta especie resistentes a los insecticidas de este grupo químico.
- ✓ La combinación del uso de trampas con feromona sexual de *T. solanivora* con control químico es una estrategia de control viable para el manejo de esta plaga en la región de estudio.

14. Recomendaciones

- ✓ Realizar rotaciones de insecticidas con diferente mecanismo de acción para el control de *T. solanivora* en la región de estudio y así, bajar el uso de los piretroides como única opción de control
- ✓ Realizar estudios que determinen el número de trampas con feromonas sexuales adecuadas para bajar la incidencia de *T. solanivora* en campo y así, poder bajar el número de aplicaciones de insecticidas de síntesis química para el control de esta plaga.

15. Referencias bibliográficas

Actualización del Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología, e Innovación del sector Agropecuario PECTIA 2017 - 2027: Departamento de Norte de Santander 2022. (2022).

<https://doi.org/10.21930/agrosavia.boletin.2022.19>

Altamar, N. (09 de Mayo de 2023). *Agronegocios*. Recuperado el 02 de Junio de 2024, de [https://www.agronegocios.co/agricultura/cundinamarca-boyaca-narino-y-antioquia-representan-90-de-la-produccion-de-papa-](https://www.agronegocios.co/agricultura/cundinamarca-boyaca-narino-y-antioquia-representan-90-de-la-produccion-de-papa-3611353#:~:text=M%C3%A1s%20de%20100.000%20productores%20se%20dedican%20al%20cultivo,papa%20participa%20con%203%2C3%25%20en%20el%20PIB%20)

[3611353#:~:text=M%C3%A1s%20de%20100.000%20productores%20se%20dedican%20al%20cultivo,papa%20participa%20con%203%2C3%25%20en%20el%20PIB%20](https://www.agronegocios.co/agricultura/cundinamarca-boyaca-narino-y-antioquia-representan-90-de-la-produccion-de-papa-3611353#:~:text=M%C3%A1s%20de%20100.000%20productores%20se%20dedican%20al%20cultivo,papa%20participa%20con%203%2C3%25%20en%20el%20PIB%20)

Altesor, P., Rossinni, C., y González, A (2009). Capítulo 1. Introducción: el uso de feromonas en el manejo de lepidópteros plaga. Altesor, P., & González, A (Eds), *Monitoreo y detección de Epinotia (Crociosema aporema, Lepidoptera: Tortricidae)* con trampas de feromonas (9-11). Recuperado de:

<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1368/1/18429061113105621.pdf>

- Alvarado, J., Ortega, E., & Acevedo, J. (1993). Evaluación de la densidad de trampas de feromona en la cápsula de la polilla Centroamericana de la papa (*Tecia solanivora* Povolny). *Revista latinoamericana de la papa*, 6(1), 77-88.
- Alves SB. Fungos entomopatogénicos. En Alves, editor. Controle microbiano de insectos. Editorial FEALQ, São Paulo;1998. p. 381.
- Ansari, M. S., Moraiet, M. A., & Ahmad, S. (2014). Insecticides: impact on the environment and human health. *Environmental deterioration and human health: Natural and anthropogenic determinants*, 99-123.
- Araque Mogollón, C. T. (2000). Manejo integrado de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia Solanivora* Povolny en el Creced Provincia de Pamplona.
- Avilés, J. y Piedra, R. (2016). Manual del cultivo de papa en Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. 94p
- Avilés. J., y Piedra. R. (2017). Cultivo de la papa. San José. Costa Rica: INTA.
- Bacca, T., Haddi, K., Pineda, M., Guedes, R. N. C., & Oliveira, E. E. (2017). Pyrethroid resistance is associated with a kdr-type mutation (L1014F) in the potato tuber moth *Tecia solanivora*. *Pest management science*, 73(2), 397-403.
- Blanco, H. (2004). Las feromonas y sus usos en el manejo integrado de plagas. *Manejo integrado de plagas y agroecología*, 71, 112-118. Recuperado de 64 <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6481/A1933e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barragán A., Pollet André, Prado M., Lagnaoui A., Onore G., Aveiga I., Léry Xavier, Zeddami Jean-Louis. (2004). La polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) en Ecuador : diagnóstico y perspectivas de manejo bajo un método de predicción. In: Pollet André (ed.), Onore G. (ed.), Chamorro F. (ed.), Barragán A. (ed.). *Memorias: II taller internacional de polilla guatemalteca Tecia solanivora: avances en investigación y manejo integrado de la polilla guatemalteca de la papa, Tecia solanivora*. Quito: PUCE-CBA, p. 5-23. (Publicación Especial; 7). Taller Internacional de Polilla Guatemalteca, 2., Quito (ECU), 2002/06/04-05. ISBN 9978-77-120-4

- Barragán, A., Onore, G., y Zeddám, J. (2005). Identificación, biología y comportamiento de las polillas de la papa en el Ecuador. PROMSA-MAG, PUCE, (1), 1-11.
- Bihari, A., Maurya, M. K., & Channe, C. B. (2024). Study on Consumer's Perception of Ampligo (Syngenta) Insecticide in Barabanki District of Uttar Pradesh, India. *Asian Journal of Current Research*, 9(3), 18-22.
- Botina, L., & Benavides, E. (2015). Resistencia de la polilla de la papa *Tecia Solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae) a la aplicación de insecticidas en poblaciones provenientes de los municipios de Iles, Pasto (Nariño) y Siachoque (Boyacá).
- Cabrera, N. (2015). Evaluación del insecticida® Rynaxypyr sobre su acción ovíparicida en huevos de *tecia solanivora*, povolny (Lepidoptera: Gelechiidae).
- Cal, V. (s.f). Feromonas de lepidópteros para un uso sostenible de insecticidas en la agricultura: avances en la identificación de la feromona sexual de *Pseudaletia adultera* (Lepidoptera: Noctuidae). (Tesis de maestría). Recuperada de la base de datos del Repositorio Institucional de la Facultad de Química RIQUIM (Núm. 504:54 CA).
- Camargo, C., Rincón, D. y Valencia, E. (2010). Localización de hospedero por larvas neonatas de *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 11(1). 5-10.
- Campos, T. T., Valencia, F. E., & Peralta, M. C. (2023). Trampas con feromonas para el control de la polilla de la papa. *PlantwisePlus Knowledge Bank, Factsheets for*.
<https://doi.org/10.1079/pwkb.20187800013>
- Cardozo, S. L. T., & Tapiero, V. A. Q. (2010). Determinación de la concentración letal media CL50 48 de aluminio y arsénico mediante bioensayos de toxicidad acuática sobre *Daphnia magna*. En reponame:Repositorio Institucional UNISALLE RIUS.https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1692&context=ing_ambiental_sanitaria
- Carrillo, D. y Torrado, E. (2013). *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae), an invasive pest of potatoes *Solanum tuberosum* L. in the Northern Andes. *Potential invasive pests of agricultural crops*. 3, 126.

- Castillo Yépez, G. M. (2005). Determinación del ciclo de vida de las "polillas de la papa" *Symmetrischema tanglii* (Gyll.) y *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidopteros: Gelechiidae), bajo condiciones controladas de laboratorio. Quito, Ecuador. 2004.
- Clavijo, S., Notz, A. 1995. Efectividad ovicida del carbamato Thiodicarb para el control de especies de lepidoptera familias Gelechiidae y Noctuidae. *Agronomía Tropical*. 45(1): 27-34.
- Cisneros, F. 1995. Control de plagas agrícolas. Segunda Edición. Auspiciado por AGCIS Electronics. Lima, Perú. 313 p.
- Cotes, M (2018). Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. Volumen 1. Agentes de control biológico. Corporación colombiana de Investigación agropecuaria. Recuperado de: <http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/book/21>
- Espinel, C.; Cotes Prado, A. M.; Villamizar Rivero, L. (2009). Efecto de la infección con granulovirus en el desarrollo de *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 62(1), 4797–4805.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472009000100007
- Espinal Correal, C., Gómez Valderrama, J. A., Cuartas Otalora, P. E., & Avendaño Avendaño, D. F. (2020). Baculovirus Corpoica® para proteger la papa de la polilla guatemalteca en almacenamiento.
- FEDEPAPA. (mayo de 2020). BOLETÍN REGIONAL No. 05. Recuperado el 30 de abril de 2024, de <https://fedepapa.com/wp-content/uploads/2021/09/SANTANDER-2019.pdf>
- Federación Colombiana de Productores de Papa (FEDEPAPA). (2020). Boletín Nacional.
- Federación de Cultivadores de Papa, Fedepapa (2014). Plagas y enfermedades de la papa. Recuperado el 4 de agosto de 2014 de http://www.fedepapa.com/?page_id=1900
- Felipe Bosa, C., Cotes Prado, A. M., Fukumoto, T., Bengtsson, M., & Witzgall, P. (2005). Pheromone-mediated communication disruption in Guatemalan potato moth, *Tecia solanivora*. *Entomologia experimentalis et applicata*, 114(2), 137-142.

FONTAGRO. (2023). Root to Food. Retrieved from

<https://www.fontagro.org/new/proyectos/root-to-food/es 2023>

Galindo, J. R., & Española, J. A. (2004). Dinámica de la captura de *Premnotrypes vorax* (Coleoptera: Curculionidae) y la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) en trampas con diferentes tipos de atrayentes en un cultivo de papa criolla (*Solanum phureja*). *Revista Colombiana de Entomología*, 30(1), 57-64.

González, A., Altesor, P., Sellanes, C., y Rossini, C. (2012). Aplicación de feromonas sexuales en el manejo de lepidópteros plaga de cultivos agrícolas. En: J. C. Rojas & E. A. Malo (eds.). *Temas Selectos en Ecología Química de Insectos*, 343-360. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/271528026_Aplicacion_de_Feromonas_Sexuales_en_el_Manejo_de_Lepidopteros_Plaga_de_Cultivos_Agricolas

González, S. P., & García, E. T. (2016). Ensayo de eficacia de Coragen 20 SC en el control de la polilla guatemalteca de la papa.

Gopal, J. and Khurana, S. M. P. 2006. Handbook of potato production, improvement and postharvest management. The Haworth Press, Inc., 10 Alice Street, Binghamton, NY. 1-50 pp.

Gouge, D. Lee, L. Henneberry, T. 1999. Parasitism of diapausing pink bollworm *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera: Gelechiidae) larvae by entomopathogenic nematodes (Nematoda: Steinernematidae, Heterorhabditidae). *Crop Protection* 18. Page 531 – 537.

Granados Ferrer, E. A. y Giraldo Vanegas, H. (2021). El Manejo agroecológico de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Polovny) (Lepidoptera: Gelechiidae), en el cultivo de la papa en Suramérica. t

Gutiérrez, G. (2009). SEÑALES EN LA INTERACCIÓN PLANTA INSECTO. DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals).

<https://doaj.org/article/fc352d7fe0404eabbe696008a30ad49d>

Gutiérrez, Y.; Bacca, T.; Zambrano, L., Pineda, M.; Guedes, R. 2019. Trade-off and adaptive cost in a multiple-resistant strain of the invasive potato tuber moth *Tecia solanivora*. *Pest Manag Sci* (2019). DOI 10.1002/ps.5283

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 6, pp. 102-256). México: McGraw-Hill.
- Herrera, C. Fierro, L. 1998. Manejo integrado del cultivo de papa. Manual técnico. Editorial Produmedios. Colombia.
- Herrera, F. (1997). La polilla guatemalteca de la papa: biología, comportamiento y prácticas de manejo integrado. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Howse, P., Stevens, J. M., & Jones, O. T. (2013). *Insect pheromones and their use in pest management*. Springer Science & Business Media.
- ICA. (2011). Manejo fitosanitario del cultivo de la papa. Línea Agrícola. Retrieved from <https://www.ica.gov.co/getattachment/b2645c33-d4b4-4d9d-84ac197c55e7d3d0/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-la-papa-nbsp;-.aspx>
- ICA. (23 de mayo de 2016). Informe especial: Polilla Guatemalteca o Polilla de la Papa. Recuperado el 29 de abril de 2024, de <https://www.ica.gov.co/noticias/todas/2016/informe-especial-polilla-guatemalteca-o-polilla-de>
- Infoagro. (2022). La polilla guatemalteca de la patata: *Tecia solanivora*. https://www.infoagro.com/documentos/la_polilla_guatemalteca_patata___i_tecia_solanivora___i_.asp
- Informe especial: Polilla Guatemalteca o Polilla de la Papa | ICA. (2016). Portal Corporativo ICA. <https://www.ica.gov.co/noticias/todas/2016/informe-especial-polilla-guatemalteca-o-polilla-de>
- Jaramillo, J., et al., (1996). *Evaluación de la incidencia y severidad del daño de la polilla gigante de la papa Tecia solanivora en el departamento de Antioquia*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/31921>.
- Lopez Avila, A., & Barreto Triana, N. (2004). Generación de componentes tecnológicos para el manejo integrado de la Polilla Guatemalteca de la papa *Tecia Solanivora* (Povolny) con base en el conocimiento de la biología, comportamiento y dinámica de población de la plaga. Corporación colombiana de investigación agropecuaria-AGROSAVIA.

- López -ÁVILA, A. 1996. Capítulo III. Plagas y enfermedades. Insectos plagas del cultivo de la papa en Colombia y su manejo. En: papas colombianas con el mejor entorno ambiental. Editorial comunicaciones y asociados ltda. Bogotá-Colombia. Page 146-154
- Matallanas, B., Lantero, E., Pascual, S., Ochando, M. D., Callejas, C., & Vegetal, D. P. (2020). Elevada frecuencia de resistencias genéticas ante los insecticidas organofosforados de la mosca del olivo en España. *Tierras: Agricultura*, 285, 46-50.
- Niño, L. 2004. Revisión sobre la polilla de la papa *Tecia solanivora* en centro y Suramérica. Suplemento revista latinoamericana de la papa. Page 1-18
- Nurulhidayah, S., & Kamarudin, N. (2011). Pheromone trapping in controlling key insect. Pest: Progress and prospect. *Oil Palm Bulletin*, 13(2), 1-19. Recuperado de <http://palmoilis.mpob.gov.my/publications/OPB/opb62-Nurul.pdf>
- Ortega, S. A. U., & Chasoy, S. A. P. (2022). La papa como materia prima para la elaboración de productos alimenticios con valor agregado. *Boletín Informativo CEI*, 9(1), 111-113.
- Ortiz, W., & Alexander, W. B. (2019). Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) para una mayor seguridad alimentaria de pequeños productores en el Altiplano Cundiboyacense, Colombia. <http://www.repositorio.unadmexico.mx:8080/jspui/handle/123456789/273>
- Osorio, P., Espitia, E. y Luque, E. (2001). Reconocimiento de enemigos naturales de *Tecia solanivora* (Lepidóptera: Gelechiidae) en localidades productoras de papa en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*. 27(3-4), 177 – 185. <http://doi.org/10.25100/socolen.v27i2.9685>
- Perera, S., Trujillo, E. 2008. Ensayo de evaluación de eficacia de insecticidas en el control de la polilla de la papa (*Tecia solanivora*). En línea: http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/papa_207_L_eficaciainsectpolilla2008.pdf
- Piedra-Buena Díaz, A.; Perera González, S.; Pinacho Crisóstomo, F.; Trujillo García, M.E.; Hernández Suárez, E. 2023. *Ensayos comparativos con feromonas y atrayentes florales*

para el monitoreo de la polilla guatemalteca de la papa, Tecia solanivora. Informe Técnico N° 3. GMR Canarias. 20 p.

Pozuelo, J. M. G. (1993). *Estudio de la adsorción y movilidad de etofumesato y acefato en suelos* (Doctoral dissertation, Universidad de Salamanca).

Ramírez, P (1996). Las feromonas de insectos y su aplicación en agricultura. Palma, 17, 27-32. Recuperado de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/553>

Reddy, G., & Guerrero, A (2001). Optimum timing of insecticide applications against Diamondback Moth *Plutella xylostella* in cole crops using threshold catches in sex pheromone traps. *Pest Management Science*, 57, 90-94. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/269222896_Optimum_timing_of_insecticide_applications_against_diamondback_moth_Plutella_xylostella_in_cole_crops_using_threshold_catches_in_sex_pheromone_traps

Reddy, G., Holopainen, J.K., & Guerrero, A (2002). Olfactory responses of *Plutella xylostella* natural enemies to host pheromone, larval frass, and green leaf cabbage volatiles. *Journal of Chemical Ecology*, 28(1), 131-143. doi: 10.1023/A:1013519003944

Reddy, G. V., & Guerrero, A. (2010). New pheromones and insect control strategies. *Vitamins & hormones*, 83, 493-519.

Restrepo, A. (2023, July 10). La importancia de la papa en Colombia. <https://blog.croper.com/la-importancia-de-la-papa-en-colombia/>

Rincón, C. (2002). Cría en laboratorio de *Copidosoma* sp. para el control de la polilla de la papa. Trabajo fin de grado. Universidad de la Laguna. San Cristóbal de la Laguna, Santa Cruz de Tenerife, Spain.

Rosero, B. (1997). Manejo integrado de la polilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora*, Povolny). ICA.

saferagrobiologicos. (2024, 2 agosto). *Sáfer TECIALURE - Safer*. Safer - Ofrecemos: Microorganismos, Biocontroladores, Extractos de Plantas, Micorrizas, Fungicidas y Bactericidas, Fertilizantes, Coadyuvantes, Trampas y Feromonas. <https://safer.com.co/product/safer-tecialure/>

- Santos, V. S. V., y Pereira, B. B. (2020). Propiedades, toxicidad y aplicaciones actuales del biolarvicida spinosad. *Revista de Toxicología y Salud Ambiental, Parte B*, 23(1), 13-26.
- Santos Díaz, A. M., Gómez Arias, L. Y., Pedraza Rute, R. A., Gómez Latorre, D. A., Bohórquez Caballero, G. L., Ureña Sosa, D. F., ... & Gómez Vargas, Y. (2022). Aspectos generales del cultivo de papa en Cundinamarca.
- Sela, G. (28 de Mayo de 2023). Cropaia. Recuperado el 05 de Mayo de 2024, de <https://croipaia.com/es/blog/rotacion-de-pesticidas/Suramérica>. Suplemento Revista Latinoamericana de la Papa.
- Soriano, J. 2003. Eficacia del control químico en el manejo integrado de *Tecia solanivora* (Povolny 1973) en diferentes niveles de población en campo. En: Memorias del II Taller Nacional sobre *Tecia solanivora*. “Presente y futuro de la investigación sobre polilla guatemalteca”. Del 24-25 de abril. Bogotá. Colombia.
- Vacas, S. (2011). *Uso de semioquímicos en el control de plagas. Estudios básicos y de aplicación*. (Tesis doctoral). Recuperado de la base de datos de RiuNet repositorio UPV (Núm. UPV3667)
- Valbuena-Benavides, R. I., Lasso, Z. L., Terán, C. A., Silva, E. A., Martínez, E. P., Sánchez, G. D., Maldonado, G., Hio, J. C., Santa, J. D., Soto, M., Barreto, N, Cely, N. L., Pérez, O. Y., Pedraza, R. A., Bautista, R. A., Uribe, A. F. y Preciado, I. M. (2019). Modelo productivo para la variedad Perla Negra en el altiplano cundiboyacense. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)
- Vargas, B. Rubio, S. López, A. 2004. Estudios de hábitos y comportamiento de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Lepidoptera: gelechiidae) en papa almacenada. *Revista colombiana de entomología* 30 (2). Page 211-217.
- Vignola, R., Walter, W. Vargas, A. y Morales, M. (2017). Ficha técnica cultivo de papa.
- Villanueva Mejía, D. F. (2015). Estructura poblacional y diferenciación genética de la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) (Lepidoptera: Gelechiidae) en Colombia: evaluación de su poder invasivo (Doctoral dissertation).

- Villanueva, D., & 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. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.9.18.1> 1
- Villarreal, H., Porras, P., Santa, A., Lagoeyte, J., & Muñoz, D. (2007). Costos de producción de papa en las principales zonas productoras de Colombia. Fedepapa. Bogotá, Colombia. 38 p.
- Wilches-Ortiz, W. A., Espitia-Malagón, E. M., & Vargas-Díaz, R. E. (2022). Elementos del clima y su relación con la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Povolný, 1973)(Lepidóptera: Gelechiidae) en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 48552-48552.

16. Anexos

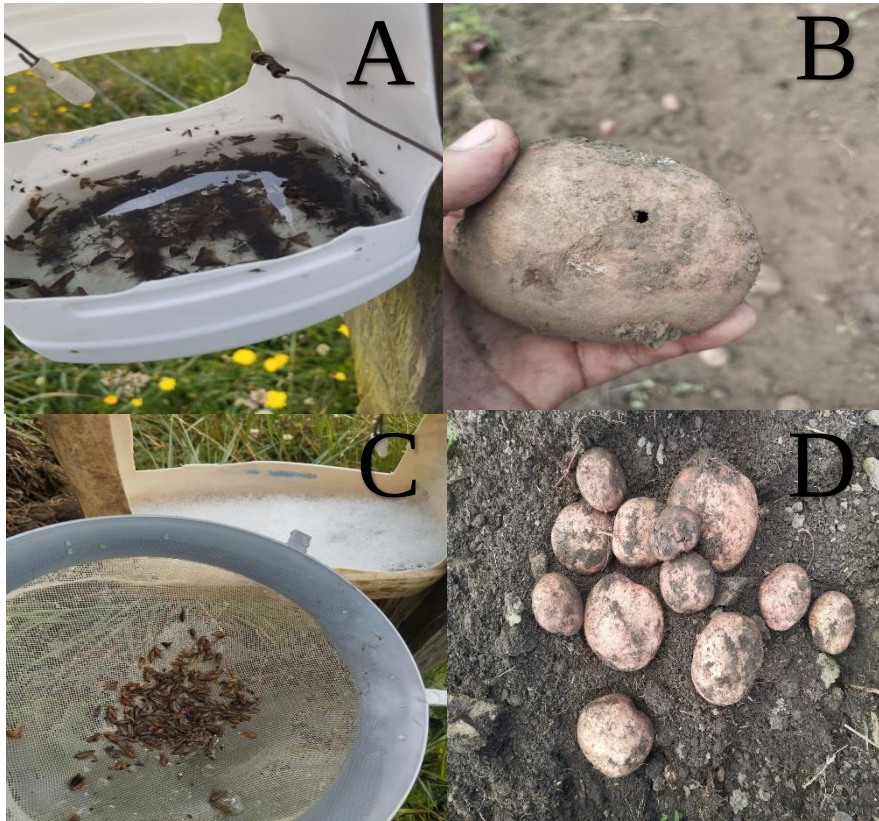


Figura 22. *A. Capturas de *T. solanivora* en trampas con feromona B. Daño de entrada causado por *T. solanivora* al tubérculo C. Conteo de polillas en colador D. Tubérculos sanos y afectados.*



Figura 23. *Tubérculos observados en planta de papa*



Figura 24. *Muestreo In situ planta de papa*



Figura 25. *Tubérculo con daño de salida de T. solanivora*

Tabla 20

Datos predio 1

Nombre del agricultor	Georeferenciación	Área predio	Variedad	Fecha siembra
Ana Lucia Peña Vera	-72.65425,6.85475	6215m2	UNICA	4/06/2024

Nota: Fuente: Autor

Tabla 21

Control químico insecticidas predio 1

Fecha aplicación	Nombre comercial	Ingrediente activo
4/06/2024	LANATE	Metomil
29/06/2024	GRUYA	Thiametoxam + Lambdacialotrina
18/07/2024	FULMINATOR 600 EC	Profenofos + Cipermentrina
7/08/2024	MINECTO DUO	Thiametoxam + Cyantraniprole
26/08/2024	DESTELLO	Thiodicarb + Triflumuron

17/09/2024	SPIDER	Imidacloprid + Lambdacialotrina
7/10/2024	PIRESTAR	Permetrina
25/10/2024	MAGESTIC	Acefato
3/11/2024	AMPLIGO	Lambdacialotrina + Clorantraniliprol
13/11/2024	ENGEO	Thiametoxam + Lambdacialotrina

Nota: Fuente: Autor

Predio 2

Tabla 22

Datos predio 2

Nombre del agricultor	Georeferenciación	Área predio	Variedad	Fecha siembra
Néstor Peña Peña	-72.655945,6.8531523	12059m2	Pastusa superior	1/07/2024

Nota: Fuente Autor

Tabla 23

Control químico insecticidas predio 2

Fecha aplicación	Nombre comercial	Ingrediente activo insecticidas
1/07/2024	MAGESTIC	Acefato
31/07/2024	PIRESTAR	Permetrina
15/08/2024	GALEON	Thiametoxam + Lambdacialotrina
2/09/2024	ENGEO	Thiametoxam + Lambdacialotrina
21/09/2024	CORAGEN	Clorantraniliprol
9/10/2024	KOYOTE	Lambdacialotrina
20/10/2024	FULMINATOR 600 EC	Profenofos + Cipermentrina
28/10/2024	CAYENNE	Bifentrina + Zeta-Cipermetrina
5/11/2024	GRUYA	Thiametoxam + Lambdacialotrina

Nota: Fuente: Autor

Tabla 24*Datos predio 3*

Nombre del agricultor	Georeferenciación	Área predio	Variedad	Fecha siembra
Cleomedes Peña Vera	-72.65312,6.852428	5030m2	Pastusa superior	3/05/2024

Nota: Fuente: Autor

Tabla 25*Control químico insecticidas predio 3*

Fecha aplicación	Nombre comercial	Ingrediente activo
3/05/2024	PIRESTAR	Permetrina
20/05/2024	LANNATE	Metomil
10/06/2024	ENGEO	Thiametoxam + Lambdacialotrina
28/06/2024	ENGEO	Thiametoxam + Lambdacialotrina
19/07/2024	CAYENNE	Bifentrina + Zeta-Cipermetrina
11/08/2024	MAGESTIC + LANATE	Acefato + Metomil
2/09/2024	ENGEO	Thiametoxam + Lambdacialotrina
25/09/2024	FULMINATOR	Cipermentrina + Profenofos
10/10/2024	MAGESTIC	Acefato
22/10/2024	PIRESTAR	Permetrina
4/11/2024	ENGEO	Thiametoxam + Lambdacialotrina

Nota: Fuente: Autor

Tabla 26*Datos predio 4*

Nombre del agricultor	Georeferenciación	Área predio	Variedad	Fecha siembra
Roque Julio Peña	-72.65154,6.850703	4571m2	UNICA	5/08/2024
Peña			(Resiembra)	

Nota: Fuente: Autor

Tabla 27*Control químico insecticidas predio 4*

Fecha aplicación	Nombre comercial	Ingrediente activo
5/08/2024	AKITO 30 EC	Permetrina
28/08/2024	GRUYA	Thiametoxam + Lambdacialotrina
16/09/2024	FULMINATOR	Cipermentrina + Profenofos
6/10/2024	PIRESTAR	Permetrina
20/10/2024	CAYENNE	Bifentrina + Zeta-Cipermentrina
28/10/2024	GALEON	Thiametoxam + Lambdacialotrina
6/11/2024	FULMINATOR	Cipermentrina + Profenofos
13/11/2024	ENGEO	Thiametoxam + Lambdacialotrina

Nota: Fuente: Autor**Tabla 28***Datos predio 5*

Nombre del agricultor	Georeferenciación	Área predio	Variedad	Fecha siembra
Pablo Alfonso Vera	-72.66231,6.84691	2163m2	Blanca	6/08/2024

Nota: Fuente: Autor**Tabla 29***Control químico insecticidas predio 5*

Fecha aplicación	Nombre comercial	Ingrediente activo
6/08/2024	PIRESTAR	Permetrina
27/08/2024	FULMINATOR	Cipermentrina + Profenofos
15/09/2024	ENGEO	Lambdacialotrina + Thiametoxam
5/10/2024	FENTOPEN	Fentoato
28/10/2024	GRUYA	Lambdacialotrina + Thiametoxam
7/11/2024	FUTUR 350 SC	Thiodicarb

Nota: Fuente: Autor

Tabla 30*Datos predio 6*

Nombre del agricultor	Georeferenciación	Área predio	Variedad	Fecha siembra
Luis Enrique Basto	-72.6656,6.8494024	1097m2	Pastusa superior	8/07/2024

Nota: Fuente: Autor**Tabla 31***Control químico insecticidas predio 6*

Fecha aplicación	Nombre comercial	Ingrediente activo
8/07/2024	LANATE	Metomil
30/07/2024	FULMINATOR	Cipermentrina + Profenofos
17/08/2024	GRUYA	Thiametoxam + Lambdacialotrina
8/09/2024	OTHENE	Acefato
29/09/2024	FURADAN	Carbofuran
17/10/2024	PIRESTAR	Permetrina
5/11/2024	PERSIPEL	Crolontranaliprol + Bifentrina

Nota: Fuente: Autor**Tabla 32***Datos predio 7*

Nombre del agricultor	Georeferenciación	Área predio	Variedad	Fecha siembra
Jesusa Peña Vera	-72.65212,6.8340383	9414m2	UNICA(Rastrojo)	14/08/2024

Nota: Fuente: Autor**Tabla 33***Control químico insecticidas predio 7*

Fecha aplicación	Nombre comercial	Ingrediente activo
14/08/2024	ELTRA	Carbofuran

2/09/2024	ENGEO	Thiametoxam + Lambdacialotrina
20/09/2024	FULMINATOR	Cipermentrina + Profenofos
5/10/2024	LORSBAN	Clorpirifos
19/10/2024	SPIDER	Imidacloprid + Lambdacialotrina
27/10/2024	CORAGEN	Clorantraniliprol
8/11/2024	MAGESTIC	Acefato

Nota: Fuente: Autor

Tabla 34

Datos predio 8

Nombre del agricultor	Georeferenciación	Área predio	Variedad	Fecha siembra
German Peña Vera	-72.65125,6.831	25436m2	Pastusa superior (Rastrojo)	5/06/2024

Nota: Fuente: Autor

Tabla 35

Control químico insecticidas predio 8

Fecha aplicación	Nombre comercial	Ingrediente activo
20/06/2024	ENGEO	Thiametoxam + Lambdacialotrina
15/07/2024	GRUYA	Thiametoxam + Lambdacialotrina
3/08/2024	PIRESTAR	Permetrina
24/08/2024	CAYENNE	Bifentrina + Zeta-Cipermetrina
12/09/2024	ENGEO	Thiametoxam + Lambdacialotrina
4/10/2024	FURADAN	Carbofuran
25/10/2024	ELTRA	Carbofuran
13/11/2024	FULMINATOR	Cipermentrina + Profenofos

Nota: Fuente: Autor

Tabla 36

Datos predio 9

Nombre del agricultor	Georeferenciación	Área predio	Variedad	Fecha siembra
Jorge Salinas	-72.65456,6.8583508	19962m2	UNICA	5/09/2024

Nota: Fuente: Autor

Tabla 37

Control químico insecticidas predio 9

Fecha aplicación	Nombre comercial	Ingrediente activo
5/09/2024	PIRESTAR	Permetrina
20/09/2024	LANATE	Metomil
5/10/2024	ENGEO	Thiametoxam + Lambdacialotrina
19/10/2024	FULMINATOR	Cipermentrina + Profenofos
28/10/2024	DESTELLO	Thiodicarb + Triflumuron
9/11/2024	CAYENNE	Bifentrina + Zeta-Cipermetrina

Nota: Fuente: Autor

Tabla 38

Datos predio 10

Nombre del agricultor	Georeferenciación	Área predio	Variedad	Fecha siembra
Orlando Peña Rincón	-72.65527,6.8562613	6555m2	Diacol capiro	5/07/2024

Nota: Fuente: Autor

Tabla 39

Control químico insecticidas predio 10

Fecha aplicación	Nombre comercial	Ingrediente activo
5/07/2024	FENTOPEN	Fentoato
24/07/2024	GALEON	Thiametoxan + Lambdacialotrina

9/08/2024	PIRESTAR	Permentrina
28/08/2024	FULMINATOR	Cipermetrina + Profenofos
17/09/2024	CAYENNE	Bifentrina + Zeta-Cipermetrina
5/10/2024	ENGEO	Thiametoxan + Lambdacialotrina
14/10/2024	KOYOTE	Lambdacialotrina
2/11/2024	EXALT	Spinetoram
10/11/2024	MAGESTIC	Acefato

Nota: Fuente: Autor

Tabla 40

Datos predio 11

Nombre del agricultor	Georeferenciación	Área predio	Variedad	Fecha siembra
Jesús Lizcano Peña	-72.65325,6.8555045,	5995m2	Pastusa superior	4/07/2024

Nota: Fuente: Autor

Tabla 41

Control químico insecticidas predio 11

Fecha aplicación	Nombre comercial	Ingrediente activo
4/07/2024	PIRESTAR	Permetrina
25/07/2024	FULMINATOR	Cipermetrina + Profenofos
10/08/2024	CAYENNE	Bifentrina + Zeta-Cipermetrina
26/08/2024	KOYOTE	Lambdacialotrina
9/09/2024	ENGEO	Thiametoxam + Lambdacialotrina
23/09/2024	GALEON	Thiametoxam + Lambdacialotrina
8/10/2024	MAGESTIC	Acefato
22/10/2024	CORAGEN	Clorantraniliprol
30/10/2024	LANATE	Metomil

7/11/2024	ALSYSTIN	Triflumuron
-----------	----------	-------------

Nota: Fuente: Autor

Tabla 42

Datos predio 12

Nombre del agricultor	Georeferenciación	Área predio	Variedad	Fecha siembra
Fausto Carvajal	-72.64826,6.8514314	993m2	Pastusa superior	6/06/2024

Nota: Fuente: Autor

Tabla 43

Control químico insecticidas predio 12

Fecha aplicación	Nombre comercial	Ingrediente activo
6/06/2024	LANATE	Metomil
25/06/2024	FULMINATOR	Cipermetrina + Profenofos
15/07/2024	CAYENNE	Bifentrina + Zeta-Cipermetrina
5/08/2024	PIRESTAR	Permetrina
25/08/2024	ENGEO	Thiametoxam + Lambdacialotrina
18/09/2024	GALEON	Thiametoxam + Lambdacialotrina
7/10/2024	FULMINATOR	Cipermetrina + Profenofos
25/10/2024	CORAGEN	Clorantraniliprol
10/11/2024	MAGESTIC	Acefato

Nota: Fuente: Autor

Tabla 44

Datos predio 13

Nombre del agricultor	Georeferenciación	Área predio	Variedad	Fecha siembra
Carlos Arturo Peña	-72.64192,6.8543086	12306m2	Pastusa superior	6/09/2024

Nota: Fuente: Autor

Tabla 45*Control químico insecticidas predio 13*

Fecha aplicación	Nombre comercial	Ingrediente activo
6/09/2024	PIRESTAR	Permetrina
28/09/2024	GRUYA	Thiametoxan + Lambdacialotrina
10/10/2024	AKITO	Permetrina
25/10/2024	CAYENNE	Bifentrina + Zeta-Cipermetrina
4/11/2024	ENGEO	Thiametoxan + Lambdacialotrina

Nota: Fuente: Autor**Tabla 46***Datos predio 14*

Nombre del agricultor	Georeferenciación	Área predio	Variedad	Fecha siembra
Gustavo Adolfo Basto Peña	-72.65945,6.8539324	5925m2	Pastusa superior	20/06/2024

Nota: Fuente: Autor**Tabla 47***Control químico insecticidas predio 14*

Fecha aplicación	Nombre comercial	Ingrediente activo
20/06/2024	MAGESTIC	Acefato
10/07/2024	FULMINATOR	Cipermetrina + Profenofos
26/07/2024	GALEON	Thiametoxan + Lambdacialotrina
13/08/2024	LANATE	Metomil

Nota: Fuente: Autor**Tabla 48***Datos predio 15*

Nombre del agricultor	Georeferenciación	Área predio	Variedad	Fecha siembra
-----------------------	-------------------	-------------	----------	---------------

Rodolfo Basto	-72.66195,6.850201,3044	14552m2	Pastusa superior	3/07/2024
---------------	-------------------------	---------	---------------------	-----------

Nota: Fuente: Autor

Tabla 49

Control químico insecticidas predio 15

Fecha aplicación	Nombre comercial	Ingrediente activo
3/07/2024	MAGESTIC	Acefato
28/07/2024	FULMINATOR	Cipermentrina + Profenofos
14/08/2024	GRUYA	Thiametoxam + Lambdacialotrina
3/09/2024	AKITO	Permetrina
24/09/2024	ENGEO	Thiametoxam + Lambdacialotrina
15/10/2024	PIRESTAR	Permetrina
5/11/2024	PERSIPEL	Clorantraniliprol + Bifentrina

Nota: Fuente: Autor