

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Profesional de Agronomía



TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

“EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE ALPHA-CYPERMETHRIN Y COADYUVANTES EN EL CONTROL DE *Spodoptera frugiperda* Smith. EN MAÍZ (*Zea mays* L.)”

PRESENTADO POR

BACHILLER: Mayeli Yadira Núñez Hernández

ASESORES : Ing. Alonso Vela Ahumada

Ing. Ronald Leonardo Llique Morales

CAJAMARCA - PERÚ

-2025-

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. **Investigador:** Mayeli Yadira Núñez Hernández
DNI: 72136045
Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía
2. **Asesor:** Ing. Alonso Vela Ahumada.
3. **Facultad/Unidad UNC:** Ciencias Agrarias
4. **Grado académico o título profesional:**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
5. **Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
6. **Título de Trabajo de Investigación:** "EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE ALPHA-CYPERMERTHRINA Y COADYUVANTES EN EL CONTROL DE *Spodoptera frugiperda* Smith. EN MAÍZ (*Zea mays* L.)
7. **Fecha de evaluación:** 02/06/2025
8. **Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
9. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 12%
10. **Código Documento:** oid:3117:464111006
11. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 12%
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 04/06/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 _____ Ing. Alonso Vela Ahumada 26604965

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los veintinueve días del mes de mayo del año dos mil veinticinco, se reunieron en el ambiente **2C - 202** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 213-2025-FCA-UNC, de fecha 12 de mayo del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE ALPHA-CYPERMERTHRINA Y COADYUVANTES EN EL CONTROL DE *Spodoptera frugiperda* Smith. EN MAÍZ (*Zea mays* L.)"**, realizada por la Bachiller **MAYELI YADIRA NÚÑEZ HERNÁNDEZ** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las dieciocho horas y diez minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de diecisiete (17); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las diecinueve horas y veinte minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Isidro Rimarachín Cabrera
PRESIDENTE

MBA. Ing. Santiago Demetrio Medina Miranda
SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego
VOCAL

Ing. Alonso Vela Ahumada
ASESOR

Ing. M. Sc. Ronald Leonardo Llique Morales
ASESOR

DEDICATORIA

Con mucho cariño dedico esta investigación:

A mis amados padres, Julián Gonzalo Núñez Revilla y Vilma Elizabeth Hernández Cubas, por haberme dado la vida y haberme formado con buenos valores y principios, demostrándome que con esfuerzo y perseverancia se hacen realidad los sueños y anhelos, a ustedes este logro.

A mis amados hermanos, Fanny, Socorro, Katya y Jhonatan, por ser mis pilares de vida, por su apoyo constante y por motivarme día a día para no desistir en el proceso, a ustedes este logro.

A los demás miembros de mi familia y amigos que estuvieron presentes con un apoyo y consejo a lo largo de mi vida académica.

Mayeli Yadira Núñez Hernández

AGRADECIMIENTO

Con mucha estima agradezco:

A Dios, por brindarme fortaleza y sabiduría para cumplir cada una de mis metas en esta vida.

A mis maestros *Ing. Alonso Vela Ahumada, Ing. Ronald Leonardo Llique Morales e Ing. Jhon Anthony Vergara Copacandori*, por su apoyo y tiempo dedicado como asesores, por el aporte de sus conocimientos y experiencias constructivas para concluir la presente investigación.

A mis padres, Vilma y Gonzalo, por su comprensión y estímulo constante. A mis hermanos, por su apoyo constante, por sus consejos y su amor incondicional en todo momento de mi vida. En especial a mi hermana Katya, por brindarme su apoyo en la ejecución de esta investigación, sin ti no lo habría logrado.

A mi sobrino Erickson y a mis cuñados, por su apoyo incondicional durante mi formación profesional.

A mis amigas y amigos, por su apoyo desinteresado en el trayecto de mi investigación, me quedo infinitamente agradecida.

Mayeli Yadira Núñez Hernández

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema de investigación	2
1.2. Formulación del problema de investigación	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Antecedentes	4
2.2. Bases teóricas	6
2.2.1 <i>El maíz (Zea mays L.)</i>	6
2.2.2 <i>Spodoptera frugiperda (J.E. Smith)</i>	6
2.2.3 <i>Alpha-cypermethrina</i>	9
2.2.4 <i>Coadyuvantes</i>	10
2.2.5 <i>Calidad química del agua</i>	12
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación	15
3.2. Materiales	17
3.2.1. <i>Material biológico</i>	17

3.2.2. Material y equipo de campo	17
3.3. Metodología	18
3.3.1. Trabajo de campo	18
3.3.2. Trabajo de laboratorio	22
3.3.3. Trabajo de gabinete	22
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1. Determinación del porcentaje de mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> Smith.	26
4.1.1. Tratamiento 1 (T₁): Agua + alpha-cypermethrina + vinagre blanco	26
4.1.2. Tratamiento 2 (T₂): Agua + alpha-cypermethrina + zumo de limón	28
4.1.3. Tratamiento 3 (T₃): Agua + alpha-cypermethrina + etanol 70°	30
4.1.4. Tratamiento 4 (T₄): Agua + alpha-cypermethrina + aceite agrícola	32
4.1.5. Tratamiento 5 (T₅): Agua + alpha-cypermethrina + zumo de naranja	34
4.1.6. Tratamiento 6 (T₆): Agua + alpha-cypermethrina + corrector de pH y DT	35
4.1.7. Comparación entre tratamientos	37
a. Análisis de varianza (ANOVA) de los porcentajes de mortalidad de <i>Spodoptera frugiperda</i>.	37
4.1.8. Determinación del porcentaje de eficacia	39
4.2. Determinación del coadyuvante adecuado y económico para mejorar la eficacia de alpha-cypermethrina.	41
4.3. Evaluación de la eficiencia de la aplicación.	42
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
5.1. Conclusiones	44
5.2. Recomendaciones	44
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Título	Página
Tabla 1	Ficha técnica del producto comercial ALLCROP EC (I.A. Alpha-cypermethrin) utilizado en el estudio	10
Tabla 2	Preparación del caldo insecticida	20
Tabla 3	Número de larvas de Spodoptera frugiperda Smith muertas	26
Tabla 4	Número de larvas de Spodoptera frugiperda Smith muertas	28
Tabla 5	Número de larvas de Spodoptera frugiperda Smith muertas	30
Tabla 6	Número de larvas de Spodoptera frugiperda Smith muertas	32
Tabla 7	Número de larvas de Spodoptera frugiperda Smith muertas	34
Tabla 8	Número de larvas de Spodoptera frugiperda Smith muertas	35
Tabla 9	Análisis de varianza para el porcentaje de mortalidad de larvas de Spodoptera frugiperda (J.E. Smith).....	37
Tabla 10	Prueba de LSD ($\alpha = 0,05$) para el porcentaje de mortalidad de larvas de Spodoptera frugiperda (J.E. Smith).....	38
Tabla 11	Corrección del pH del agua de aplicación por coadyuvantes.....	41
Tabla 12	Estudio económico de los coadyuvantes para mejorar la eficacia de alpha-cypermethrina sobre el control de S. frugiperda en maíz.....	42
Tabla 13	Registro de las evaluaciones de mortalidad de larvas de Spodoptera frugiperda a las 24, 48 y 72 horas luego de la aplicación	58
Tabla 14	Transformación de datos de las evaluaciones de mortalidad de larvas de Spodoptera frugiperda a las 24, 48 y 72 horas luego de la aplicación	59
Tabla 15	Cálculo de porcentajes de eficacia para el ingrediente activo a partir de los porcentajes de mortalidad de S. frugiperda.	60
Tabla 16	Análisis del pH y dureza total tanto del agua de aplicación del SESA UNC y los tratamientos	64
Tabla 17	Registro de las evaluaciones de mortalidad y eficacia de larvas de Spodoptera frugiperda a las 24, 48 y 72 horas luego de la aplicación	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
Figura 1	Ubicación geográfica del trabajo de investigación.	16
Figura 2	Diseño y distribución de los tratamientos en estudio.	21
Figura 3	Porcentaje de mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> Smith.	27
Figura 4	Porcentaje de mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> Smith.	29
Figura 5	Porcentaje de mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> Smith.	31
Figura 6	Porcentaje de mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> Smith.	33
Figura 7	Porcentaje de mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> Smith.	34
Figura 8	Porcentaje de mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> Smith.	36
Figura 9	Porcentajes de eficacia de alpha-cypermethrina y coadyuvantes según Abbot.	39
Figura 10	Siembra de maíz.	53
Figura 11	Colecta de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> Smith en cultivo de maíz amarillo en el Caserío de Hualabamba, San Bernardino.	54
Figura 12	Infestación de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> en las unidades experimentales	55
Figura 13	Preparación de los tratamientos para aplicación.....	55
Figura 14	Pulverización de los tratamientos.	56
Figura 15	Evaluación de la mortalidad de alpha-cypermethrina y coadyuvantes.....	57
Figura 16	Vista en laboratorio de larva de <i>Spodoptera frugiperda</i> S del estadio V. ...	61
Figura 17	Vista en laboratorio de pupa de <i>Spodoptera frugiperda</i> S.	61
Figura 18	Vista en laboratorio de genitales masculinas (A) y femeninas (B) de <i>Spodoptera frugiperda</i> S.	62
Figura 19	Análisis del pH del agua de dilución.	62
Figura 20	Análisis de la Dureza total (DT) del agua de dilución.....	63
Figura 21	Evaluación del pH de los tratamientos.	64
Figura 22	Vistas de las tarjetas hidrosensibles para medir la eficiencia de la aplicación.	65
Figura 23	N° gotas/cm ² en tarjetas hidrosensibles vistas al estereoscopio.	65
Figura 24	N° gotas/cm ² en tarjetas hidrosensibles vistas al estereoscopio.	65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Galería fotográfica del ensayo experimental.	53
Anexo 2 Registro de resultados a partir de las evaluaciones.....	58
Anexo 3 Galería fotográfica del trabajo en laboratorio de entomología de la UNC.	61
Anexo 4 Galería fotográfica y tablas del trabajo en laboratorio de Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) Dirección Cajamarca.....	62
Anexo 5 Galería fotográfica del ensayo 01.	66
Anexo 6 Registro de porcentajes de mortalidad del ensayo 1.	70

RESUMEN

El trabajo de investigación fue llevado a cabo en el Servicio Experimental Silvo Agropecuario (SESA) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca; con el objetivo de determinar la eficacia de Alpha-cypermethrina en adición con seis coadyuvantes para el control de *Spodoptera frugiperda* Smith. en maíz (*zea mays* L.). Se evaluó la eficacia mediante el porcentaje de mortalidad de larvas indistintamente de los estadios, a las 24, 48 y 72 horas posteriores a la pulverización del insecticida y los coadyuvantes. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Teniendo como resultados que el zumo de naranja fue el coadyuvante que mejoró en mayor medida la eficacia de alpha-cypermethrina, alcanzando un 80% de mortalidad; el mismo que estadísticamente fue similar a los coadyuvantes Zumo de limón, Vinagre y Corrector de pH, con porcentajes de eficacia del 60%, respectivamente. De este modo, los coadyuvantes como el zumo de naranja, zumo de limón y vinagre no solo son adecuados, sino también representan alternativas económicamente viables para el productor agrícola, dado su bajo costo y amplia disponibilidad.

Palabras clave: *Coadyuvante, eficacia, mortalidad, pH, alpha-cypermethrina.*

ABSTRACT

The research work was carried out at the Silvoagropecuario Experimental Service (SESA) of the Faculty of Agricultural Sciences of the National University of Cajamarca. The objective was to determine the efficacy of alpha-cypermethrin and six adjuvants for the control of *Spodoptera frugiperda* Smith in corn (*Zea mays* L.). Efficacy was assessed by the percentage of larval mortality, regardless of stage, at 24, 48, and 72 hours after application of the insecticide and adjuvants. A completely randomized design (CRD) was used with seven treatments and four replicates. The results showed that orange juice was the adjuvant that most improved the efficacy of alpha-cypermethrin, reaching 80% mortality; this was statistically similar to the adjuvants lemon juice, vinegar, and pH regulator, with efficacy percentages of 60%, respectively. Therefore, adjuvants such as orange juice, lemon juice, and vinegar are not only suitable but also represent economically viable alternatives for agricultural producers, given their low cost and widespread availability.

Keywords: *Adjuvant, efficacy, mortality, pH, Alpha-cypermethrin.*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El uso de plaguicidas constituye uno de los principales métodos de control integrado de plagas sobre las explotaciones agrícolas a través de sustancias químicas. De tal manera que, su uso a escala mundial se incrementó en un 62 % entre 2000 y 2021, en las Américas ascendió a la mitad del uso total (FAO, 2023). En el Perú sobresale el minifundio, por lo que, el 80 % de los agricultores, ante la escasa mano de obra y altos niveles de insectos fitófagos en los campos de cultivo, utilizan regularmente plaguicidas (INEI, 2019).

Dentro de la familia de plaguicidas, se destacan los herbicidas, fungicidas y los insecticidas, este último según las estadísticas del comercio exterior, lidera las importaciones de agroquímicos en el Perú con un 37,2 %. Asimismo, se reporta que, en el país, los cinco plaguicidas usados frecuentemente están considerados altamente peligrosos por su efecto en la salud y el medioambiente (Atkinson et al., 2023). En ese sentido, se propone el uso de surfactantes como auxiliares de formulación de los ingredientes activos de los insecticidas para mejorar la eficacia de su aplicación, de tal manera que se reduzca el uso de productos considerados como altamente peligrosos (FAO, 2004).

Conforme al uso de plaguicidas, las plagas en los cultivos como el maíz, desarrollan resistencia al modo de acción de la sustancia química; *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), más conocido como “gusano cogollero” en Perú, constituye una plaga clave o de importancia agrícola. De acuerdo a lo señalado por el INIA (2019), en el departamento de Cajamarca se cultiva alrededor de 50 000 ha de maíz, siendo la mayor superficie dedicada al cultivo de maíz amiláceo orientado al consumo familiar. Sin embargo, según INEI (2015), Cajamarca disminuyó el volumen de producción en un 21,3 % debido a factores climáticos e incidencia del cogollero en el cultivo.

En la eficacia de la aplicación de los plaguicidas incide la calidad del agua; se estima que aproximadamente el 70 % del agua dulce es usada para agricultura y el 30%

restante se reparte entre el uso industrial (20 %) y el uso doméstico (10 %). Los productos fitosanitarios son disueltos en agua para su empleo, y dependiendo de la calidad de las aguas actúan con mayor o menor eficacia. Es así que el agua actúa como “carrier”, sobre el que se estabiliza y dispersa el producto agroquímico, de manera que la idoneidad de este medio de dispersión será fundamental a la hora de asegurar un óptimo tratamiento (ARVENSIS, 2014).

El control sanitario de tipo químico sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). en maíz puede no estar siendo eficiente dada la desinformación del agricultor acerca de la calidad de agua, dosis, momento y frecuencia de aplicación, lo que ha conllevado al deterioro ecológico de los agroecosistemas y a la afectación de la salud de las personas. Por lo que, resulta estratégico evaluar coadyuvantes, que al ser empleados en mezcla con Alpha cipermetrina provoquen mayor mortalidad en el gusano cogollero.

1.1. Planteamiento del problema de investigación

La agricultura tanto de pequeña escala como la de agroexportación se enfoca en implementar alternativas de control para disminuir el incremento poblacional de las plagas presente en los cultivos, destacando el control químico (Ríos, 2023). Por lo que, la eficiencia y eficacia de los plaguicidas juega un rol importante no solo en la disminución de insectos plaga, sino también en su adecuado manejo para la obtención de alimentos inocuos y con el menor impacto negativo posible en el medio ambiente.

En la provincia de Cajamarca destaca la producción de maíz amiláceo blanco para consumo en choclo, no obstante, el estado fenológico susceptible de la planta coincide con la infestación del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)), así mismo, el insecto no solo produce daños en plantas jóvenes, sino que, persiste hasta la formación de mazorca, provocando pérdidas económicas.

En ese sentido, los agricultores utilizan insecticidas químicos sintéticos para reducir la densidad poblacional y evitar los daños, sin embargo, resulta ineficiente dado que no consideran la calidad del agua para la pulverización, así como, tampoco el uso de coadyuvantes. Por lo que, la dosis de aplicación de los insecticidas tiende a ser incrementada al igual que la frecuencia de aplicación, generando un impacto negativo tanto en la inocuidad del órgano cosechable, así como, en el medio ambiente.

1.2. Formulación del problema de investigación

¿Cuál es el coadyuvante adecuado y económico para ser utilizado en mezcla con Alpha-cypermethrina en el control de larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en maíz (*Zea mays* L.)?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la eficacia de Alpha-cypermethrina en adición con diferentes coadyuvantes, en el control de *Spodoptera frugiperda* Smith. en maíz (*zea mays* L.).

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar el porcentaje de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), con el uso de alpha-cypermethrina y coadyuvantes, tales como vinagre blanco, zumo de limón, etanol 70°, aceite agrícola, zumo de naranja, corrector de pH y DT.

Determinar el coadyuvante adecuado y económico para ser utilizado en mezcla con Alpha-cypermethrina en el control de larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en maíz (*Zea mays* L.) establecido por una eficacia de control mayor.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Ríos (2023), estudió la influencia de calidad del agua en el desempeño de los insecticidas contra *Spodoptera frugiperda* en condiciones de laboratorio. Se utilizaron tres insecticidas distintos para su aplicación en cuatro dosis efectivas (al 1, 10, 50 y 100 %) sobre 20 larvas de tercer estadio, cada una en una placa petri por dosis, utilizando como solvente agua destilada. Para la obtención de las larvas, en una primera etapa se colectaron 30 larvas en campo del cuarto y sexto estadio larval, para luego ser criadas a nivel de laboratorio y sumar un total de 260 individuos. Una vez sometidas a la aplicación de las mezclas, las evaluaciones se realizaron en tres tiempos (24, 48 y 72 horas después de sumergidas al caldo). El diseño estadístico empleado fue el de Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 27 tratamientos y 3 testigos, para la comparación de medias de los resultados se resumieron en un cuadro de análisis de varianza mediante la Prueba de Tukey. De los resultados obtenidos en la investigación, se señala que, el pH, la dureza y la C.E. del agua no tiene influencia en el desempeño de Chlorfenapyr, Lufenuron y Emamectin Benzoato sobre *S. frugiperda*, ya que no existieron diferencias significativas en el control de dicha plaga respecto a las características evaluadas.

Rodríguez et al. (2018), determinaron el efecto de diferentes concentraciones de Dimetilsulfóxido y Tween 80 sobre el tercer estadio larval de *Spodoptera frugiperda* en condiciones de laboratorio y de campo. Las larvas fueron colectadas en cultivos de maíz del Sector Barraza - Trujillo, para luego ser identificadas taxonómicamente y criadas en laboratorio con hojas de higuera, a una humedad relativa del 60 %, temperatura entre 20 a 25 °C, fotoperiodo de 14:10 horas luz. En laboratorio se emplearon tres concentraciones de DMSO (0,3 %, 0,4 % y 0,6 %) y tres de Tween 80 (0,1 %, 0,2 % y 0,3 %), además de un testigo o control (0 %). El T₄ (0,6 % DMSO) provocó una

mortalidad larval de 83,33 % y el T₇ (0,3 % Tween 80) alcanzó el 90 %. En campo, el testigo fue metamidofos (600 g/L). Tanto Tween 80 como la concentración de 0,6 % de DMSO alcanzaron una mortalidad larval promedio de 76 %. Demostrando que, a mayor concentración de surfactante, la mortalidad larval aumenta y a mayor tiempo de exposición la mortalidad larval tiende a incrementar.

Hernández y Salazar (2019), evaluaron la dureza del agua en ríos y pozos, utilizada como medio para las aplicaciones de plaguicidas y comprobaron su influencia en la efectividad de los mismos, en Panamá. El muestreo se realizó considerando la época seca y lluviosa en el período entre febrero 2016 y febrero 2017. Las muestras de agua fueron colectadas en los ríos Taguada, Bajo Güera, Faldar, Estibaná, Tebario y Río Gato, distrito de Macaracas; en Río Tonosí, quebrada La Bonita y un pozo en Tonosí Centro, distrito de Tonosí; un pozo ubicado en Tablas Abajo, distrito de Las Tablas; pozos en Llano Abajo, la Pacera y Ciénega Larga, en Guararé; un pozo en Sabana Grande y otro en Tres Quebradas, distrito de Los Santos. Las muestras se analizaron en los laboratorios de Control de Calidad de Plaguicidas y Análisis de Residuos de Plaguicidas en Plantas y Productos Vegetales de la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal. La dureza promedio en pozos resultó ser agua dura y en ríos semidura, según la escala establecida por EPA. Hubo mayor reducción del ingrediente activo en el tratamiento de disoluciones de dimetoato en agua de pozo que en el agua desionizada. Igualmente ocurrió con el tratamiento de disoluciones de glifosato en agua de río que en el agua de pozo.

Tejeda et al. (2016) evaluaron la efectividad biológica de los insecticidas clorpirifós, benzoato de emamectina, spinoteram, novaluron, deltametrina y zeta cipermetrina contra *Spodoptera frugiperda* en Cocula, Guerrero. Los resultados obtenidos muestran que los insecticidas a las dosis evaluadas presentaron de 45 a 56 % en la disminución de daño, así como una reducción del 86 al 95 % en el número de larvas en los diferentes tratamientos a los 21 días después de la aplicación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1 El maíz (*Zea mays L.*)

El maíz es un cereal originario de Mesoamérica de gran relevancia para la humanidad debido a la gran variedad de productos alimenticios e industriales derivados de la planta completa. Se cultiva desde el nivel del mar hasta por encima de los 3800 msnm, siendo USA, China y Brasil los tres principales productores de maíz. En el Perú, el maíz se siembra en las tres regiones: Costa, Sierra y Selva. Destacando alrededor del 56 % en superficie sembrada el maíz amarillo duro en Costa, mientras que en los Andes predomina el maíz amiláceo (García, 2017).

En la zona andina de Cajamarca se viene cultivando variedades de maíz amiláceo como blanco del Cuzco, Imperial, criollo; asimismo, está la variedad INIA 603 desarrollada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria. Esto a partir de la modificación genética de dos variedades de maíz constituido en un 50 % por colecciones del maíz blanco Urubamba de Cusco; y el otro 50 % por germoplasma de colecciones de maíz blanco imperial de Cajamarca, con el propósito de ampliar el rango de adaptación agroecológica del maíz amiláceo (INIA, 2004). Esta variedad hoy en día es ampliamente cultivada en la región debido a su alta producción, calidad de grano y además de presentar moderada tolerancia al ataque del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith.).

2.2.2 *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)

Es un insecto plaga polífago, sin embargo, las larvas tienen preferencia por plantas jóvenes de maíz. Presentan un desarrollo holometábolo (huevo, larva, pupa y adulto), su ciclo biológico dura en promedio 45 días, dependiendo de las condiciones climáticas del lugar (Rivera, 2020).

Los huevos son de forma esférica, blanquecinos, estriados y achatados en uno de los polos, próximos a la eclosión cambian su tonalidad a un color negro aperlado.

Mide alrededor de 0,4 mm de diámetro y 0,3 mm de altura. Son colocados por las hembras en el haz y envés de las hojas en masas de 50 a 200 huevos y eclosionan en 2 a 3 días (Dirección General de Sanidad Vegetal, 2021).

El estado larval, está constituido de 6 a 7 estadios, actuando en los primeros como caníbales, posteriormente se ubican en el verticilo (cogollo) donde comen de manera voraz (Ortega, 1987).

Guzmán et al. (2016), categorizan seis estadios larvales de *S. frugiperda*:

ESTADIO	DESCRIPCIÓN	Longitud
L1	La larva recién emergida presenta la cabeza más grande que el cuerpo. Presenta setas (vellosidades) muy marcadas en todo el cuerpo. A medida que se desarrolla, la cabeza se hace proporcional al cuerpo y las vellosidades son menos visibles.	01 – 1,5 mm
L2	Cuando cambian de estadio las larvas lucen totalmente hialinas, haciéndose más notorios los tubérculos por donde se desprenden las setas. Conforme pasa el tiempo, la larva desarrolla bandas antocianóticas en los laterales.	05 – 10 mm
L3	La larva desarrolla una coloración rojiza por todo su cuerpo. Asimismo, la larva evidencia una banda oscura en el costado del cuerpo.	11 – 15 mm
L4	Los tubérculos son casi incoloros. La cabeza se muestra de una tonalidad clara. Se define completamente la “Y” invertida o sutura epicraneal de la cabeza. Además, se demarcan anillos concéntricos en la zona torácica.	15 – 20 mm
L5	La larva se torna de un color café oscuro, y las setas casi son imperceptibles. Adicionalmente en esta etapa, se desarrollan puntos en cada segmento abdominal.	20 – 30 mm
L6	La larva tiene apariencia robusta, con una tonalidad brillante. Por último, se observa una mancha rojiza en el primer segmento del tórax.	30 – 40 mm

La pupa presenta una coloración caoba, mide 14 a 18 mm de longitud y alrededor de 4,5 mm de diámetro, con su extremo abdominal (cremáster) terminando en dos

espinas o ganchos en forma de “U” invertida. Durante esta etapa se puede sexar, debido a que los machos en el noveno esternito abdominal presentan dos elevaciones que corresponden a los testículos y las hembras en el octavo segmento abdominal muestran unas líneas curvadas que corresponden a la bursa copulatrix (Dirección General de Sanidad Vegetal, 2021).

Los adultos o mariposas denominadas polillas (de 35 - 40 mm de envergadura alar y 17 - 20 mm de largo de cuerpo) poseen el primer par de alas bastante oscuras con manchas blancas, el segundo par totalmente blancas o transparentes. En esta fase las mariposas ovipositan los huevos en el envés de la hoja. El dimorfismo sexual de esta especie está caracterizado porque la hembra es más oscura que el macho, el periodo de apareamiento es de aproximadamente 48 horas (Moreira, 2020).

El gusano cogollero al ser una plaga polífaga tiene gran poder de adaptación climática a diferentes condiciones de sus hospederos, preferentemente en el cultivo de maíz. Sobrevive a temperaturas desde los 8,7 °C hasta los 39,8 °C (Valdez et al., 2012).

El daño de las larvas durante los primeros días de desarrollo de la planta de maíz (V1 - V4) puede ser de dos tipos: corta la planta cerca del suelo, ésta puede volver a crecer, pero con un retraso en relación a otras; o la defolia parcial o totalmente. A medida que el cultivo va creciendo (de seis hojas en adelante), el daño se circunscribe al cogollo. Las larvas recién nacidas se alimentan de un lado de la hoja, dejando la capa de epidermis del lado opuesto intacta. A partir del II o III estadio larval, comienzan a perforar las hojas. Cuando se alimentan en el punto de crecimiento (cogollo), producen un tipo de daño característico que consiste en una fila de perforaciones (Casmuz et al., 2010).

El daño en grado 1 es el óptimo para realizar un control químico, ya que las larvitas recién nacidas del estadio (L1 y L2) se alimentan del parénquima sin llegar a perforar la lámina de la hoja, formando unas pequeñas “ventanitas”. Esto indica que las larvitas están “expuestas” al insecticida que se aplique (Lezaun, 2014).

2.2.3 Alpha-cypermethrina

Es un insecticida agrícola sintético de la familia de los piretroides, cuyo nombre comercial varía según la marca comercial, pero el ingrediente activo constituye la Alpha-cypermethrina (PLM-DEAQ, 2019).

Es un insecticida piretroide que consiste esencialmente en dos de los cuatro isómeros cis que componen la cipermetrina. Constituye un insecticida de amplio espectro muy activo, su modo de acción resulta eficaz por contacto e ingestión contra las plagas objetivo, como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* S.) en maíz. En cuanto a la estabilidad del ingrediente activo, alpha-cypermethrina es altamente estable a la luz y a temperaturas elevadas. Es resistente a la hidrólisis ácida, pero sufre escisión de ésteres en condiciones ambientales (básicas) acuáticas. Por último, tiene una estabilidad óptima a pH = 4 (FAO, 1997).

La alpha-cypermethrina como mecanismo de acción interviene a nivel del axón nervioso, interceptando los canales de sodio prolongando la transmisión de impulsos eléctricos. Afectando no solo al sistema nervioso periférico sino también al sistema nervioso central de los insectos. Consecuentemente esta interferencia provoca descargas nerviosas que llevan a la parálisis y muerte del insecto. En el caso de los insectos voladores, el rápido efecto de choque podría ser el resultado de una rápida parálisis muscular, lo que sugeriría que los ganglios del sistema nervioso central de los insectos son afectados (Drokasa, s.f.).

En ese sentido, según la clasificación IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) el producto Allcrop 100 EC formulado a base del ingrediente activo Alpha-cypermethrin forma parte del sub grupo químico 3A: Grupo 3: Moduladores del canal de sodio 3A (Piretroides y piretrinas).

A continuación, según el PLM-DEAQ se detallan aspectos importantes sobre la ficha técnica de Alpha cypermethrina:

Tabla 1

Ficha técnica del producto comercial ALLCROP EC (I.A. Alpha-cypermethrin) utilizado en el estudio

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Formulación:	Concentrado emulsionable.
Dosis para gusano cogollero en maíz:	200 gramos/ hectárea.
Periodo de carencia (P.C.):	45 días.
Límite Máximo de Residuos (L.M.R.)	0.05 ppm.
Presión de vapor:	23 hpa (20 °C).
Solubilidad:	Dispersable en agua.
Densidad:	1,03 g/cm ³ .
pH:	5.9
Compatibilidad:	Es compatible con productos de reacción alcalina.
Mecanismo de acción:	Alphacypermethrina interfiere la transmisión del impulso nervioso actuando sobre los canales de sodio.
Modo de acción:	Alphacypermethrina es un insecticida no sistémico de acción estomacal y de contacto.
Reingreso:	Se recomienda no ingresar antes de las 24 horas de realizado el tratamiento.

2.2.4 Coadyuvantes

Un coadyuvante es un formulado químico usado en mezcla con plaguicidas para potenciar sus beneficios y brindar aplicaciones efectivas, mediante la deposición de las gotas, la mejora del mojado y la persistencia del ingrediente activo del plaguicida sobre la superficie de las hojas de las plantas (Ramos, 2023). Por lo que, el uso de los coadyuvantes contribuye a superar la barrera de aplicación (antiderivas y antievaporantes), de la absorción (tensioactivos y penetrantes) y de la degradación (correctores de pH y secuestrantes de cationes) (Leiva, 2014).

De esta manera, los coadyuvantes orgánicos o de cualquier tipo permiten proteger y potenciar la acción de los plaguicidas de forma eficiente y eficaz. Optimizando la aplicación del producto químico, ayudando a vencer barreras de aplicación, absorción y degradación.

a) **Coadyuvantes utilitarios.** Respecto a la clasificación de los tipos de coadyuvantes según su efecto principal, se ubican los coadyuvantes utilitarios o de propósitos específicos, definidos como modificadores de propiedades básicas para que los productos puedan ser usados o incorporados en los tanques de aplicación. De forma que, los correctores de agua constituyen un coadyuvante utilitario como regulador de aguas de baja calidad influenciado por la acidez y las sales. Dado que muchos productos fitosanitarios son susceptibles a ser degradados cuando el pH del agua de dilución de la pulverización es elevado (aguas alcalinas) o cuando el contenido de sales es muy elevado (aguas duras), provocando la hidrólisis del principio activo del agroquímico o a su vez dificultando su absorción (Manual fitosanitario, 2023).

A continuación, se presentan una relación de agentes coadyuvantes con propiedades acidificantes que podrían actuar como reguladores del pH y dureza del agua de dilución para aplicación de plaguicidas:

a. **Jugo de limón (*Citrus limon* L.).** El limón es un fruto de la familia Rutaceae, género *Citrus* con propiedades medicinales y alimentarias. Destaca su contenido en vitamina C (44,20 mg) y ácidos orgánicos como el ácido cítrico (Ipanaque, 2021).

En un estudio de reguladores de agua, se utilizó limón persa, donde se comprobó su comportamiento acidificante, con un pH de 4,67. Siendo la dosis de aplicación de 1 ml por litro de agua (Tejeira, 2015).

Es debido a sus propiedades acidificantes que el jugo de limón se viene recomendando en la agricultura familiar como modificador del pH del agua de riego y de aplicaciones de plaguicidas como parte de métodos caseros (FAO, 2020).

b. **Vinagre.** Es una solución incolora producto de la fermentación acética que involucra la actividad de bacterias aeróbicas como *Acetobacter*, las cuales transforman el alcohol etílico en ácido acético. El vinagre contiene alrededor de 5 % de ácido acético, lo que le hace actuar como regulador de pH del agua (Lemos, 2023).

El ácido acético es empleado en la agricultura como regulador del pH de agua de riego e indicador de suelos alcalinos (FAO, 2020).

c. Jugo de naranja (*Citrus sinensis* L.). El jugo de naranja es considerado fuente de vitamina C (ácido ascórbico), el cual es soluble en agua; asimismo, se ha determinado que posee un pH que oscila entre 3,63 y 3,87 (Avalo et al., 2009).

Su valor bajo de pH lo convierte en un potencial coadyuvante del tipo regulador de la alcalinidad del agua, dado que se disocia más rápido al mezclarse con el agua, aumentando la concentración de iones hidrógeno (H^+) y reduciendo los niveles de pH de aguas básicas (Stevens, s.f.).

d. Corrector de pH del agua. Es un producto químico coadyuvante que regula el pH del agua de la mezcla del caldo pulverizador, con el propósito de mejorar la efectividad de los plaguicidas (Mis, 2010).

e. Etanol (70°). Es un líquido incoloro, volátil, con un olor característico y sabor picante. También se conoce como alcohol etílico. El etanol se utiliza industrialmente para la obtención de acetaldehído, vinagre, butadieno, cloruro de etilo y nitrocelulosa, entre otros. Es muy utilizado como disolvente y preservante; es de acidez baja como el ácido acético (CH_3COOH) en un 0,003 % (Laboratorios químicos Arvi S.A., s.f.).

f. Aceite agrícola. Es un compuesto hidrocarbonado complejo, elaborado a partir de vegetales que actúa como encapsulador de los agroquímicos, mejorando las propiedades físico químicas de la solución a asperjar, asimismo, mejora la estabilidad de los agroquímicos en la mezcla y presenta acidez baja (Grupo Andina, 2022).

2.2.5 Calidad química del agua

El agua es un factor importante en la estabilidad y eficacia de los productos sanitarios, ya que, al agregar en la mezcla del producto, esta no debe desintegrar la estructura del principio activo, ni producir reacciones químicas que lo inactiven. Por lo

que, el agua debe ser limpia (sin agentes coloidales), lo más cercana a la neutralidad, estar a temperatura ambiente y poseer bajo contenido salino (Padín y Passalacqua, 2018).

Es así que la mala calidad del agua puede disminuir la eficiencia de los agroquímicos, provocando el incremento de las frecuencias y número de aplicación o las dosis, debido a que no existe un análisis previo de parámetros físicos y químicos del agua, como la cantidad y calidad de sales, la dureza y el pH (Carrasco et al., 2015).

a. pH del agua. El pH indica la concentración de protones H^+ y aniones $(OH)^-$ existentes como consecuencia de la disociación de la molécula de agua y es medido sobre una escala desde 1 hasta 14 siendo el valor 7 correspondiente a una fuerte acidez, 7 es el valor de neutralidad y 14 corresponde a soluciones fuertemente alcalinas (Arrospide, 2004).

Para el agua de dilución de plaguicidas, los pH por encima de 6,5 generan hidrólisis alcalina y aquellos por debajo de 4,5 hidrólisis ácida; ambas situaciones son problemáticas porque estos procesos de hidrólisis descomponen los principios activos del producto, disminuyendo su eficacia sobre la plaga que se desea controlar (Padín y Passalacqua, 2018).

b. Dureza del agua. Constituye un parámetro de la calidad química del agua con gran interferencia en la eficacia de los plaguicidas. Se define como la concentración de cationes alcalinotérreos en agua, compuestos por iones de calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), estroncio (Sr^{2+}) y bario (Ba^{2+}), expresado como ppm (partes por millón) de $CaCO_3$. Por lo general, la dureza del agua está representado por iones de Ca^{2+} y de Mg^{2+} , la cual se origina a partir de carbonatos, bicarbonatos, cloruros y sulfatos (Rodas, 2018).

c. Vida media de un plaguicida en relación al pH. Una vida media es el período de tiempo que tarda la mitad (50% de hidrólisis) de la cantidad de insecticida en

el agua en degradarse. Experimentan hidrolisis (hidro, que significa «agua», y lisis, que significa «desligarse») alcalina (pH superior a 7), básicamente el ingrediente activo cuando entra en contacto con el agua ocurre una reacción química esto porque en una solución alcalina los grupos hidroxilos se combinan con los ingredientes activos del plaguicida perdiendo su poder de acción. La velocidad y la intensidad de esta descomposición depende de las propiedades químicas específicas del ingrediente activo, el pH del agua de la mezcla y el tiempo que el insecticida está en contacto con el agua (GLEBA, 2020).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

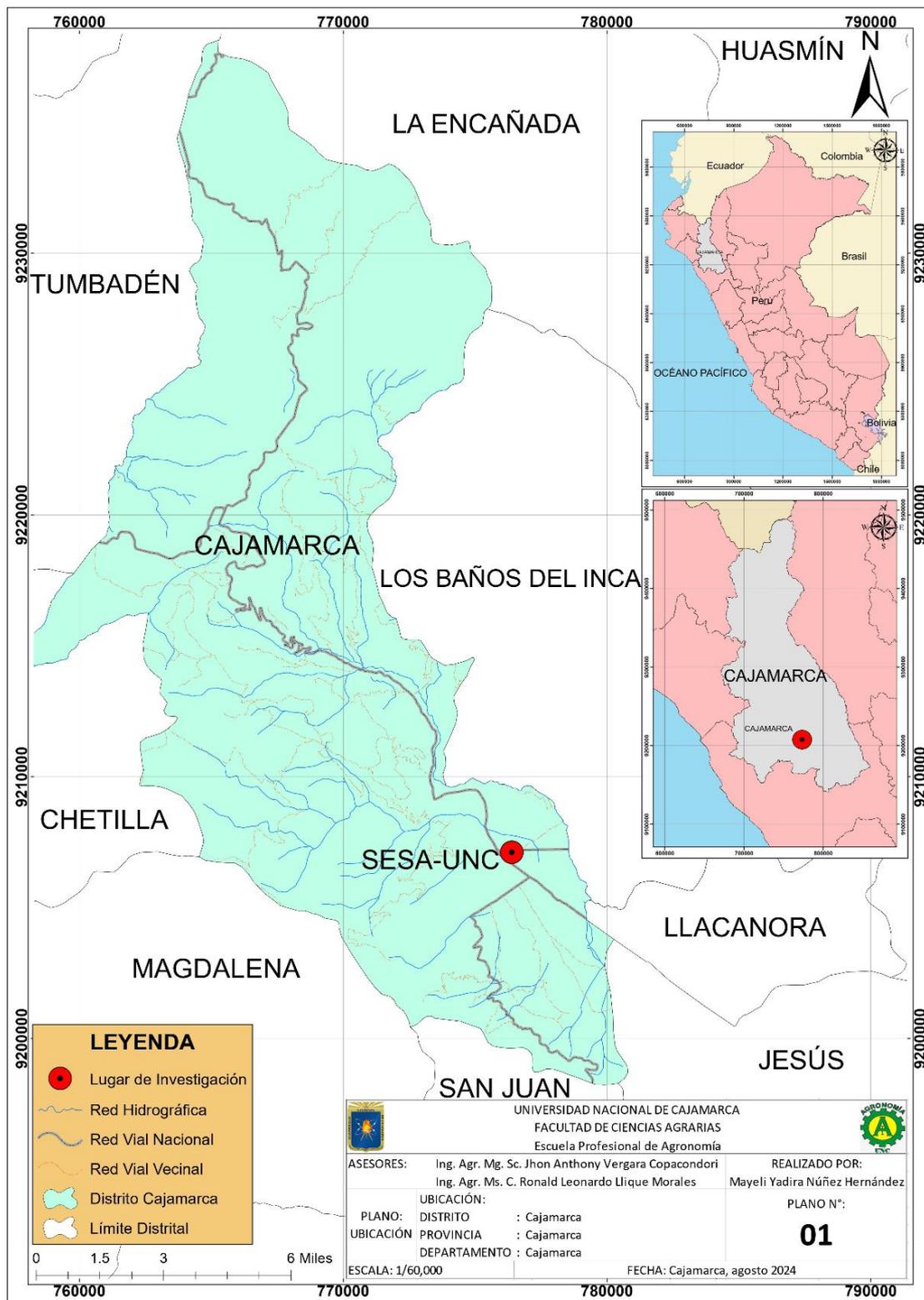
3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación

La parte experimental de la investigación se realizó en el Servicio Experimental Silvo Agropecuario (SESA) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicados en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca, geográficamente se encuentra ubicado a 7° 10' 02" de latitud Sur y 78° 29' 37" W de longitud Oeste, así como, entre las coordenadas UTM 776875.48 m de longitud Este y 9206968.23 m de longitud Sur, a una altitud de 2678 msnm; temperatura promedio anual de 21 °C, humedad relativa promedio de 65 % y precipitación anual acumulada promedio de 51 mm (ver figura 1).

Asimismo, el trabajo en laboratorio se llevó a cabo en dos ambientes: en el laboratorio de entomología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, geográficamente ubicada entre las coordenadas UTM 17M 776668.00 m E 9206876.97m S a una altitud de 2682msnm; y en el laboratorio de Sanidad Vegetal del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), Dirección Ejecutiva Cajamarca, mismo que se encuentra ubicado entre las coordenadas UTM: 17M 779596.15 9207336.19, a una altitud de 2663 msnm, con las respectivas autorizaciones del caso.

Figura 1

Ubicación geográfica del trabajo de investigación.



3.2. Materiales

3.2.1. Material biológico

Larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith).

Medio (½) kilogramo de semilla de maíz (*Zea mays* L.) amiláceo variedad Blanco Imperial.

Un (01) kilogramo de frutos de limón (*Citrus limon* L.).

Un (01) kilogramo de frutos de naranja (*Citrus sinensis* L.).

3.2.2. Material y equipo de campo

Aceite agrícola.

Baldes de plástico de dos (02) litros de capacidad.

Bisturí.

Cámara fotográfica.

Corrector de pH y DT formulado.

EPP (Guantes, mascarilla, botas, delantal, gorro, etc.).

Etanol al 70 %.

Etiquetas de identificación.

Frascos de plástico con tapa hermética de un (01) litro de capacidad.

Guantes quirúrgicos.

Insecticida (Alpha-cypermethrina).

Lápiz.

Libreta de apuntes.

Lupa de 20X.

Maceteros de plástico de un (01) kilogramo de capacidad.

Marcador permanente resistente al agua.

pHmetro.

Pulverizador de dos (02) litros de capacidad.

Sustrato (turba, arena y tierra agrícola).

Tablero de madera.

Vinagre blanco.

3.2.3. Material y equipo de laboratorio

Cintas reactivas de pH.

Estereoscopio.

Hidróxido de potasio (KOH) al 10 %.

Lámina porta objetos.

Micropipetor.

pHmetro.

Pincel.

Tarjetas hidrosensibles.

3.3. Metodología

3.3.1. Trabajo de campo

a. **Siembra de maíz.** Se realizó en veintiocho (28) maceteros de plástico de un (01) kg de capacidad, colocando dos (02) semillas de maíz amiláceo variedad Blanco Imperial, en cada uno de ellos, los mismos fueron ubicados en el Servicio Experimental Silvo Agropecuario (SESA) en la Escuela Profesional de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca.

b. **Colecta de larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith).** Se realizaron colectas interdiarias de estadios larvales ubicados en cogollos de plantas de maíz amiláceo en etapa vegetativa V7 (de 55 a 60 días) ubicado en el caserío Hualabamba, distrito de San Bernardino, provincia de San Pablo, región de Cajamarca geográficamente localizado en las coordenadas UTM 749524 E y 9203822 S; cuyas plantas presentaban daños por gusano cogollero. Las larvas colectadas, indistintamente

de los estadíos, fueron confinadas en un número de 10 larvas por táper de plástico de 01 litro de capacidad. En cada táper se dispuso hojas de maíz frescas que sirvió de alimento para poder asegurar su supervivencia en el traslado desde el campo hasta la zona de la infestación. Para luego ser trasladadas al Servicio Experimental Silvo Agropecuario (SESA) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca.

c. Infestación de plantas de maíz con larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Las plantas de maíz previamente sembradas fueron infestadas a razón de diez (10) larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) por planta.

d. Preparación y pulverización de los tratamientos. Esto se realizó en horas de la mañana (09:30 am). En cuanto a la preparación de los tratamientos, se utilizaron 07 baldes de plástico debidamente rotulados.

El primer balde representó al testigo (Agua + Alpha-cypermethrina), en el cual primero se dispensaron 500 ml de agua y con la ayuda de un micropipetor se dispuso 0.310 ml de Alpha-cypermethrina, calculado según dosis de etiqueta de Allcrop EC.

El segundo balde representó al tratamiento uno (agua + Alpha-cypermethrina + vinagre), en el cual se vertió 500 ml de agua, seguidamente con el micropipetor se dispuso 01 ml de vinagre. Finalmente, se midió 0.310 ml de alpha-cypermethrina y se mezcló con el caldo preparado.

El mismo procedimiento se realizaron sobre los demás tratamientos, así como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 2*Preparación del caldo insecticida*

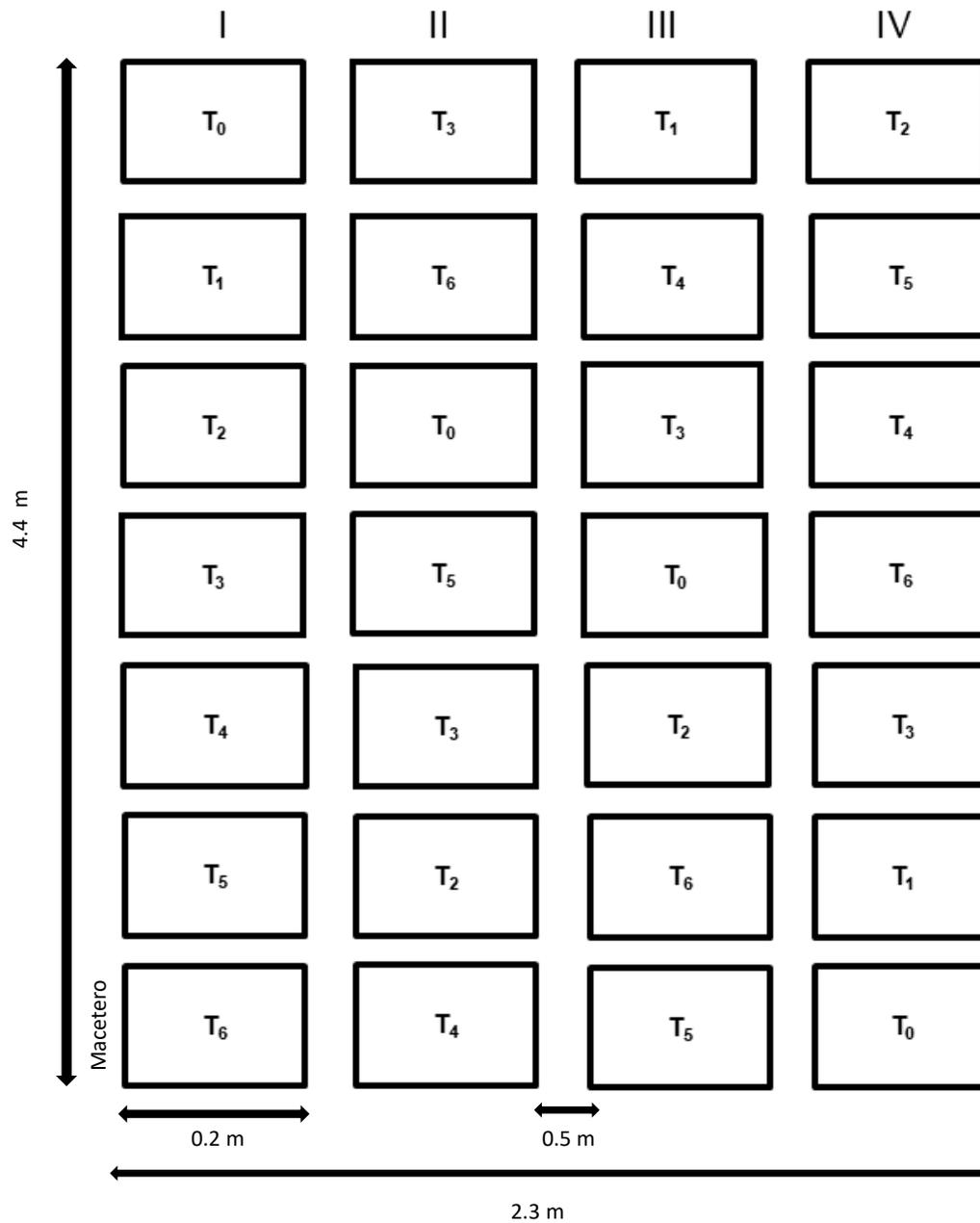
Tratamientos	Alpha-cypermethrina (ml)	Agua (ml)	Coadyuvante (ml)	Dosis (%)
T ₀	0.310	500	Ninguno	
T ₁	0.310	500	Vinagre blanco (01ml)	0.2
T ₂	0.310	500	Zumo de limón (01ml)	0.2
T ₃	0.310	500	Etanol 70° (01ml)	0.2
T ₄	0.310	500	Aceite agrícola (01ml)	0.2
T ₅	0.310	500	Zumo de naranja (01ml)	0.2
T ₆	0.310	500	Corrector de pH y DT (01ml)	0.2

Para la pulverización del caldo insecticida de cada tratamiento, se utilizó el equipo de protección personal (mameluco, respirador y guantes). Luego, utilizando un aspersor de 1.5 litros de capacidad se realizó la pulverización del insecticida y los coadyuvantes dos (02) veces cada siete (07) días, según los tratamientos establecidos (07) considerando cuatro (04) repeticiones, bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA). Finalizado el pulverizado, se realizó la técnica del tripe lavado del pulverizado para poder continuar con la aplicación del siguiente tratamiento. El mismo procedimiento se realizó con los demás, hasta terminar la pulverización de todos los tratamientos.

Por último, una vez concluida la pulverización se colocó el cartel de aviso de riesgo de contaminación para evitar el acercamiento a la parcela tratada.

Figura 2

Diseño y distribución de los tratamientos en estudio.



Donde:

T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, T₆ y T₇ son los tratamientos.

I, II, III y IV son los bloques en donde los tratamientos han sido distribuidos al azar.

e. **Evaluación de mortalidad.** La mortalidad (ausencia de movimiento) de estadios larvales de *Spodoptera frugiperda* fue evaluada a las 24, 48 y 72 horas posteriores a la pulverización del insecticida y coadyuvantes. Los datos obtenidos fueron registrados en una cartilla de evaluación para su posterior procesamiento.

3.3.2. Trabajo de laboratorio

a. **Análisis químico de agua.** En el laboratorio del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) dirección Cajamarca, se midieron el pH y dureza una muestra de agua del SESA UNC, misma que fue utilizada en el caldo insecticida. El potencial de hidrógeno (pH) se determinó usando la tira reactiva pH-FIX MN 92110 de la marca Mancherey-Nagel (Alemania) en un rango de 0 a 14; obteniendo como resultado que el pH de dicha muestra de agua es de 7.0.

Por otro lado, la concentración de CaCO_3 (Dureza total) fue medido mediante el kit de prueba HI 38033 Total Hardness de la marca HANNA instruments (EE.UU.) en un rango (ppm) de 0 - 513 CaCO_3 (parts per million), teniendo como resultado que la muestra de agua evaluada tiene una dureza de 205.2ppm.

b. **Evaluación de la eficiencia de la aplicación.** En el laboratorio del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) dirección Cajamarca, se realizó la evaluación de la calidad de la aplicación del caldo insecticida de la investigación, usando tarjetas hidrosensibles, donde se identificó el número de gotas por centímetro cuadrado y el porcentaje de cobertura del pulverizador.

3.3.3. Trabajo de gabinete

a. **Cálculo de la cantidad de agua.** Para determinar la cantidad de agua utilizada por tratamiento, se realizó una prueba en blanco. Consistió en asperjar agua con el pulverizador de mano sobre cuatro plantas de maíz en la parcela del experimento 01. Obteniéndose que la cantidad de agua para cada tratamiento es de 500ml.

b. Cálculo de la dosis de Alpha-cypermethrina para dilución. Se determinó según la dosis de etiqueta de la marca comercial ALLCROP EC.

125 ml alpha – cypermethrina 200 000ml de agua

X ml de alpha – cypermethrina 500 ml de agua

$X = 0.310$ ml de alpha – cypermethrina por tratamiento

$X = 0.310$ uL de α –cypermethrina

c. Cálculo de la dosis de coadyuvante. Se determinó en base a la recomendación casera que emplean los agricultores (02 limones por mochila de 20 litros). Entonces se exprimieron 02 limones y en base a la cantidad obtenida en mililitros se determinó la dosis para todos los coadyuvantes.

22.3ml de zumo de limón 20 000 ml de agua

X ml de zumo de limón 500 ml de agua

$X = 1$ ml de zumo de limón para el tratamiento 02.

De esta manera, la dosis usada para cada coadyuvante de 01 ml por tratamiento.

d. Evaluación de la eficacia. La determinación del porcentaje de eficacia del insecticida en el control de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), fue realizada empleando las fórmulas de Abbot y Tilton, según el número de larvas muertas.

d.1. Porcentaje de eficacia de Henderson-Tilton (PE_{HT}):

$$PE_A = \left(1 - \frac{N_t * N'_0}{N_0 * N'_t} * 100 \right)$$

Donde:

N_0 = Infestación (o densidad relativa) de la plaga en la unidad de observación del ensayo en la que se evalúa el pesticida inmediatamente antes de su aplicación.

N_t = Infestación (o densidad relativa) de la plaga en la unidad de observación en la que se evalúa el pesticida a t días después de la aplicación.

N'_0 = Infestación (o densidad relativa) de la plaga en la unidad de observación control o testigo (en las que no se ha realizado aplicación) inmediatamente antes de las aplicaciones.

N'_t = Infestación (o densidad relativa) de la plaga en la unidad de observación control o testigo (en las que no se ha realizado aplicación) el día t después de las aplicaciones.

d.2. Porcentaje de eficacia de Abbot modificada (PE_{Am}):

$$PE_{Am} = \left(\frac{M_t - M'_t}{100 - M'_t} * 100 \right)$$

Donde:

M_t = El porcentaje de mortalidad de la plaga en la unidad de observación del ensayo en la que se evalúa el pesticida el día t después de las aplicaciones.

M'_t = El porcentaje de mortalidad de la plaga en la unidad de observación control o testigo (en la que no se ha realizado aplicación) el día t después de las aplicaciones.

Los porcentajes de mortalidad fueron transformados con la fórmula de la raíz cuadrada del arcoseno para independizar la media aritmética y la varianza.

$$A = \text{Arcsin} \left(\sqrt{\frac{y}{100}} \right) * 180/3.1416$$

Donde:

y : Porcentaje de mortalidad

La información obtenida en las evaluaciones fue sistematizada, para luego realizar la redacción del trabajo de investigación, haciendo uso de la estadística inferencial y descriptiva. Los resultados y las comparaciones de medias fueron analizados e interpretados mediante Análisis de varianza (ANOVA) y los test de Tukey y LSD respectivamente, para establecer diferencias significativas entre los tratamientos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el objetivo de evaluar la eficacia del insecticida alpha-cypermethrina en combinación con distintos coadyuvantes, se presentan los resultados obtenidos en porcentajes tras el procesamiento del número de larvas muertas luego de la aplicación de los diferentes tratamientos, así como el análisis estadístico y económico respectivo.

4.1. Determinación del porcentaje de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* Smith.

4.1.1. Tratamiento 1 (T₁): Agua + alpha-cypermethrina + vinagre blanco

Tabla 3

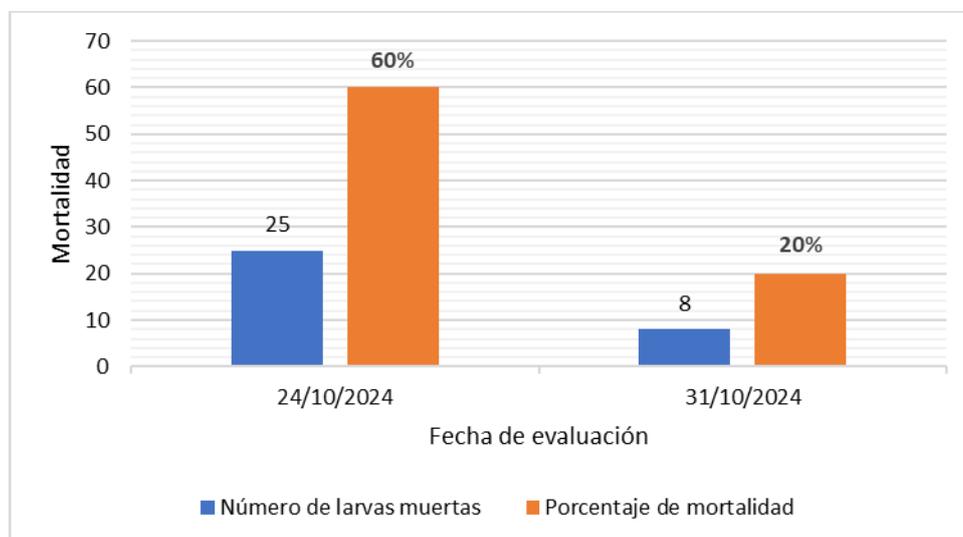
Número de larvas de Spodoptera frugiperda Smith muertas

Fecha de aplicación inicial	Aplicación 01			Aplicación 02			
	N° de larvas infestadas	Fecha de evaluación	N° de larvas muertas a 3 días	Fecha de aplicación	N° de larvas evaluadas	Fecha de evaluación	N° de larvas muertas a 3 días
21/10/2024	40	24/10/2024	25	28/10/2024	15	31/10/2024	8
Promedio	10		6		4		2

En la Tabla 3 se observa que, tres días después de la aplicación de los tratamientos establecidos, se registraron un total de 25 y 8 larvas muertas de *Spodoptera frugiperda* Smith, de un total de 40 larvas evaluadas. Además, se presenta el promedio basado en las cuatro repeticiones consideradas en el diseño experimental, con el fin de obtener porcentajes de mortalidad más precisos.

Figura 3

Porcentaje de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* Smith.



En la figura 3 se observa que, al realizar la evaluación a las 72 horas después de la primera aplicación del vinagre blanco más alpha-cypermethrina (24 de octubre), se obtuvo el mayor número (25) de larvas muertas, significando un 60% de mortalidad. En tanto que, en la segunda aplicación del vinagre blanco más alpha-cypermethrina (31 de octubre), se registró el menor número (08) de larvas muertas, correspondiente al 20%. Esto indica que, en promedio, de cada 10 larvas vivas, 8 murieron, lo que representa un 80 % de mortalidad.

En ambas fechas de evaluación se registra un porcentaje total del 80% de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* Smith, esto relacionado al modo y mecanismo de acción de alpha-cypermethrina que provocó la muerte del insecto. Al respecto Ponce et al. (2006) refiere que alpha-cypermethrina bloquea los canales de sodio del sistema nervioso central de los insectos, estimulando a las células nerviosas para producir repetidas descargas y eventuales casos de parálisis que finalmente provocan la muerte.

Aunado a este control eficaz tiene influencia la corrección del pH del agua de pulverización ya que al aplicar vinagre blanco permitió disminuir el pH 7 del agua de aplicación a 5,5, a esto refiere Lemos (2023) que, el pH del vinagre suele estar entre 2,5

a 3.0, siendo fuertemente ácido. Lo cual mantuvo la estabilidad de alpha-cypermethrina, favoreciendo una mejor eficacia larvicida del ingrediente activo. En el mismo sentido, INTAGRI (2017) afirma que para la mayoría de los insecticidas el rango óptimo de pH en el agua antes de mezclarse deberá ser de 5,5 a 6,5. A diferencia, del tratamiento testigo (alpha-cypermethrina y agua) donde el agua de pH 7 repercutió en el ingrediente activo para provocar el 50% de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda*.

4.1.2. Tratamiento 2 (T_2): Agua + alpha-cypermethrina + zumo de limón

Tabla 4

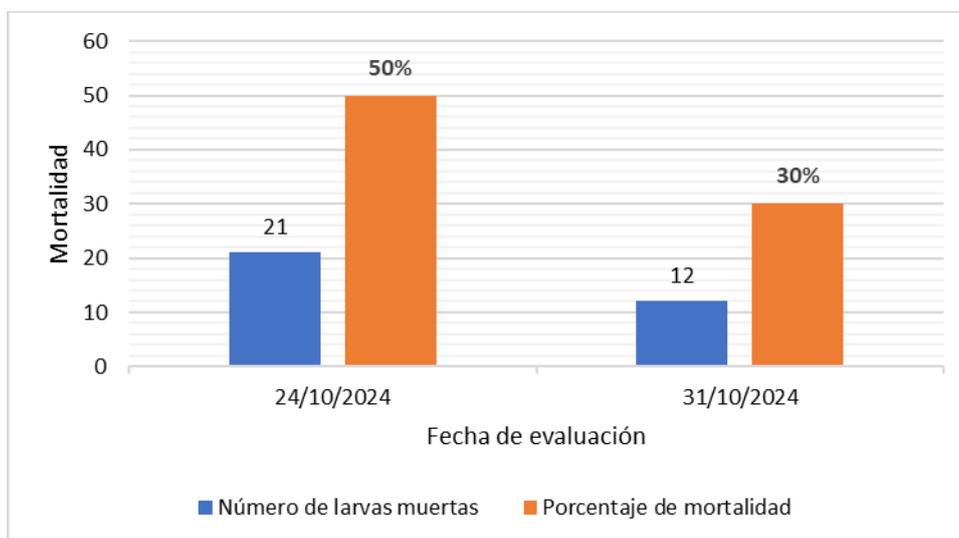
Número de larvas de *Spodoptera frugiperda* Smith muertas

Fecha de aplicación inicial	Aplicación 01			Aplicación 02			
	Nº de larvas infestadas	Fecha de evaluación	Nº de larvas muertas a 3 días	Fecha de aplicación	Nº de larvas evaluadas	Fecha de evaluación	Nº de larvas muertas a 3 días
21/10/2024	40	24/10/2024	21	28/10/2024	19	31/10/2024	12
Promedio	10		5		5		3

En la Tabla 4 se observa que, tres días después de la aplicación de los tratamientos establecidos, se registraron un total de 21 y 12 larvas muertas de *Spodoptera frugiperda* Smith, de un total de 40 larvas evaluadas. Además, se presenta el promedio basado en las cuatro repeticiones consideradas en el diseño experimental, con el fin de obtener porcentajes de mortalidad más precisos.

Figura 4

Porcentaje de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* Smith.



La Figura 4 muestra que, 72 horas después de la primera aplicación del tratamiento con zumo de limón combinado con alpha-cypermethrina (24 de octubre), se registró el mayor número de larvas muertas de *S. frugiperda*, con un total de 21, lo que representa una mortalidad del 50 %. En tanto que, tras la segunda aplicación del mismo tratamiento (31 de octubre), se observó un menor número de larvas muertas, con un total de 12, correspondiente al 30 % de mortalidad. En conjunto, estos resultados indican que, en promedio, murieron 8 de cada 10 larvas vivas, lo que representa un 80 % de mortalidad.

Esto demuestra que el zumo de limón tiene potencial acidificante capaz de corregir el pH del agua de aplicación de 7 a 6, lo cual es respaldado por Alfaro (2011) quien demostró que el jugo de limón por su alto porcentaje de ácido cítrico redujo el pH de 7,59 a 5,07 de una muestra de agua para ser mezclado con herbicidas. Igualmente, Tejeira (2015) encontró el mismo comportamiento acidificante del jugo de limón sobre el ajuste del pH del agua en el control de malezas con glufosinato de amonio. De manera que, esta corrección del agua influyó para que alpha-cypermethrina provoque el 80% de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* ya que se mantuvo estable en la solución

ácida. Al respecto en una publicación de la FAO (1997) señalan que alpha-cypermethrina es resistente a la hidrólisis ácida y tiene una estabilidad óptima a pH = 4.

Estos resultados explican porque luego de las aplicaciones del tratamiento se registraron larvas paralizadas alrededor de la planta que, ya no se alimentaban y presentaban coloraciones oscuras a lo largo del cuerpo. En relación a eso Chango (2012) refiere que las larvas de *Spodoptera frugiperda* tras exposición a piretroides, su coloración tiende a oscurecerse a tonalidades como el negro o marrón oscuro. Similar sintomatología presentó las larvas del tratamiento testigo, donde se registró un 50% de mortalidad.

4.1.3. Tratamiento 3 (T₃): Agua + alpha-cypermethrina + etanol 70°

Tabla 5

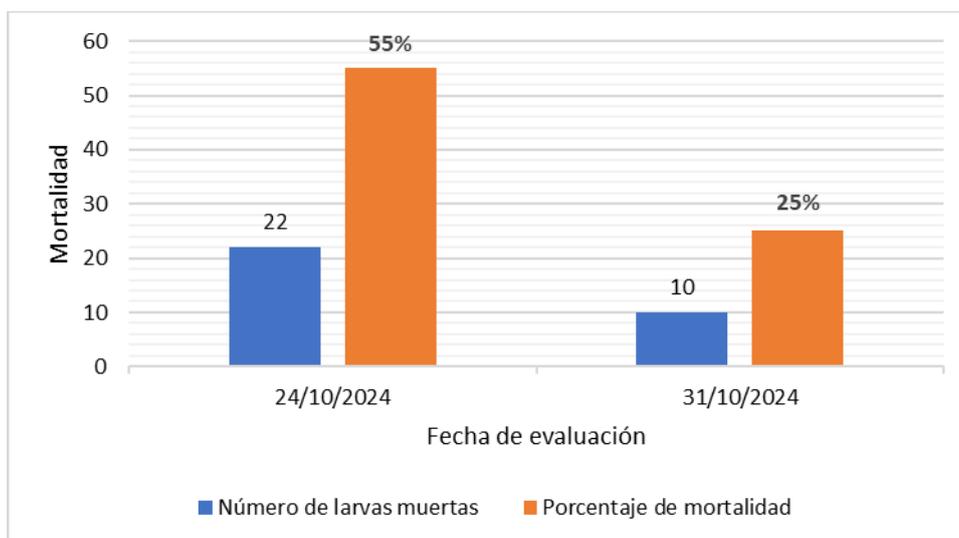
Número de larvas de Spodoptera frugiperda Smith muertas

Fecha de aplicación inicial	Aplicación 01		Aplicación 02				
	N° de larvas infestadas	Fecha de evaluación	N° de larvas muertas a 3 días	Fecha de aplicación	N° larvas evaluadas	Fecha de evaluación	N° de larvas muertas a 3 días
21/10/2024	40	25/10/2024	22	28/10/2024	18	31/10/2024	10
Promedio	10		6		3		3

En la Tabla 5 se observa que, tres días después de la aplicación de los tratamientos establecidos, se registraron un total de 22 y 10 larvas muertas de *Spodoptera frugiperda* Smith, de un total de 40 larvas evaluadas. Además, se presenta el promedio basado en las cuatro repeticiones consideradas en el diseño experimental, con el fin de obtener porcentajes de mortalidad más precisos.

Figura 5

Porcentaje de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* Smith.



La Figura 5 evidencia que, 72 horas después de la primera aplicación del tratamiento con alpha-cypermethrina combinado con etanol 70° (24 de octubre), se registró el mayor número de larvas muertas de *S. frugiperda*, con un total de 22, lo que representa una mortalidad del 55 %. En tanto que, tras la segunda aplicación del mismo tratamiento (31 de octubre), se observó un menor número de larvas muertas, con un total de 10, correspondiente al 25 % de mortalidad. En conjunto, estos resultados indican que, en promedio, murieron 8 de cada 10 larvas vivas, lo que representa un 80 % de mortalidad.

La corrección del pH 7 del agua de pulverización a 6 por el etanol 70°, mejoró eficazmente el efecto larvicida del ingrediente activo sobre *Spodoptera frugiperda* S., sumando un 80% de mortalidad en ambas evaluaciones. Demostrado el alto número de larvas muertas a las 24 horas en ambas aplicaciones, pero que disminuyen significativamente en las siguientes 72 horas. Esto alude que el pH del agua de pulverización corregido por el etanol 70° no se mantiene en el tiempo, lo que hace que el ingrediente activo tenga una acción rápida sobre la plaga, pero no es estable en el tiempo, reduciendo su efecto larvicida. Al respecto Montes y Martínez (como se citó en Rico, 1999) señala que la estabilidad de Cypermethrin es de 35 horas en acidez y

fácilmente hidrolizable cuando el pH del agua es cercano a la alcalinidad. En el mismo sentido, DROKASA (s.f.) reafirma que el valor de pH sugerido para el agua de aplicación de alpha-cypermethrina está entre 5,0 a 6,0. Esto explica porque disminuyó el número de larvas muertas a las 72 horas en el tratamiento testigo luego de ambas aplicaciones.

4.1.4. Tratamiento 4 (T₄): Agua + alpha-cypermethrina + aceite agrícola

Tabla 6

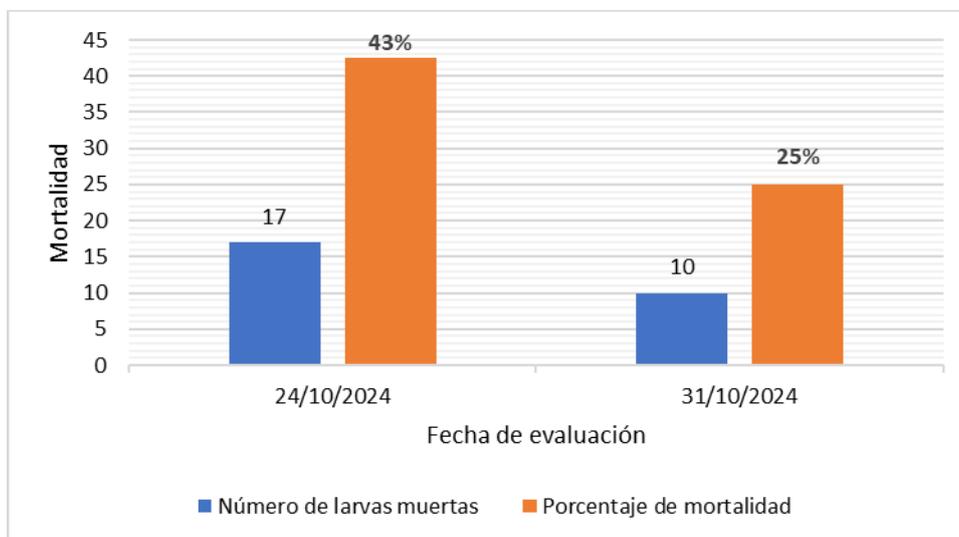
Número de larvas de Spodoptera frugiperda Smith muertas

Fecha de aplicación inicial	N° de larvas infestadas	Aplicación 01		Aplicación 02			
		Fecha de evaluación	N° de larvas muertas a 3 días	Fecha de aplicación	N° larvas evaluadas	Fecha de evaluación	N° de larvas muertas a 3 días
21/10/2024	40	25/10/2024	17	28/10/2024	23	31/10/2024	10
Promedio	10		4		6		3

En la Tabla 6 se observa que, tres días después de la aplicación de los tratamientos establecidos, se registraron un total de 17 y 10 larvas muertas de *Spodoptera frugiperda* Smith, de un total de 40 larvas evaluadas. Además, se presenta el promedio basado en las cuatro repeticiones consideradas en el diseño experimental, con el fin de obtener porcentajes de mortalidad más precisos.

Figura 6

Porcentaje de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* Smith.



Como se observa en la Figura 6, al realizar la evaluación a las 72 horas después de la primera aplicación del tratamiento con alpha-cypermethrina combinado con aceite agrícola (24 de octubre), se registró el mayor número de larvas muertas de *Spodoptera frugiperda*, con un total de 17, representando una mortalidad del 43%. En la segunda aplicación (31 de octubre), se obtuvo el menor número, con 10 larvas muertas a las 72 horas posteriores al tratamiento, equivalente al 25% de mortalidad.

En ambas evaluaciones el aceite agrícola más alpha-cypermethrina suma un 68% de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* S, esto por el mecanismo de acción del ingrediente activo que fue más eficaz por la corrección del pH 7 a 5,5 del agua, modificado por el carácter ácido del aceite agrícola. Al respecto, AGROMICH (s.f.) refiere que los aceites vegetales poseen un pH fuertemente ácido entre 3 a 4. Además, en los tres días de evaluación posterior a las aplicaciones, se registraron muertes del número de larvas, indicando que el aceite agrícola no solo corrige el pH del agua de pulverización, sino que también hace que el ingrediente activo permanezca en las células de la planta. Esto lo confirma DROKASA (s.f.), refiriendo que el aceite agrícola actúa como encapsulador aumentando la adherencia y penetración del ingrediente activo en la planta. En el mismo sentido, Padín et., al. (2018) afirma que el aceite

agrícola mejora la eficacia de alpha-cypermethrina, evitando que se volatilice rápidamente luego de la aplicación.

4.1.5. Tratamiento 5 (T₅): Agua + alpha-cypermethrina + zumo de naranja

Tabla 7

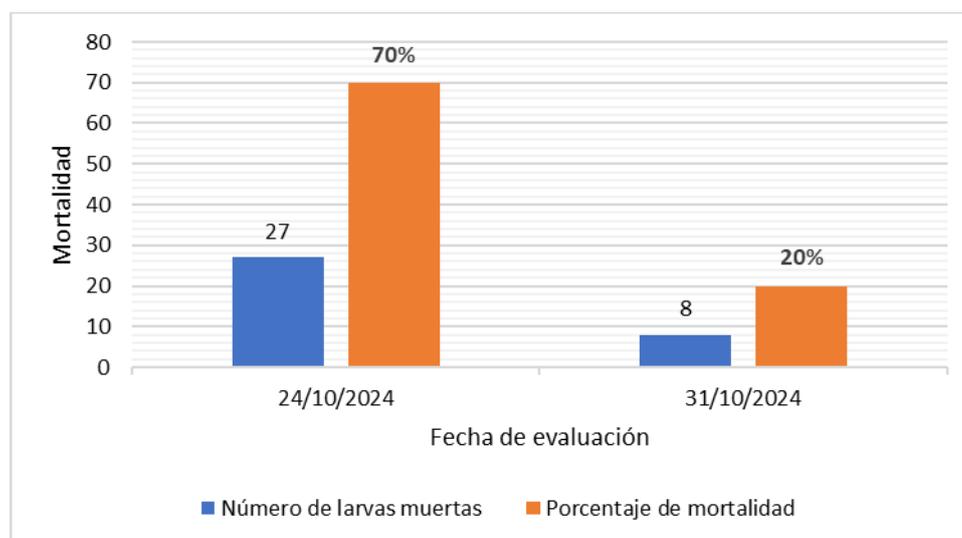
Número de larvas de Spodoptera frugiperda Smith muertas

Fecha de aplicación inicial	Aplicación 01			Aplicación 02			
	N° de larvas infestadas	Fecha de evaluación	N° de larvas muertas a 3 días	Fecha de aplicación	N° larvas evaluadas	Fecha de evaluación	N° de larvas muertas a 3 días
21/10/2024	40	25/10/2024	27	28/10/2024	18	31/10/2024	8
Promedio	10		7		5		2

En la Tabla 7 se observa que, tres días después de la aplicación de los tratamientos establecidos, se registraron un total de 27 y 8 larvas muertas de *Spodoptera frugiperda* Smith, de un total de 40 larvas evaluadas. Además, se presenta el promedio basado en las cuatro repeticiones consideradas en el diseño experimental, con el fin de obtener porcentajes de mortalidad más precisos.

Figura 7

Porcentaje de mortalidad de larvas de Spodoptera frugiperda Smith.



La Figura 7 muestra que, 72 horas después de la primera aplicación del tratamiento con alpha-cypermethrina combinado con zumo de naranja (24 de octubre), se registró el mayor número de larvas muertas de *Spodoptera frugiperda*, con un total de 27, lo que equivale a una mortalidad del 70 %. En tanto que, tras la segunda aplicación del mismo tratamiento (31 de octubre), se obtuvo el menor número, con 8 larvas muertas a las 72 horas posteriores, correspondiente al 20 % de mortalidad. En promedio, se registraron 7 larvas muertas por cada 10 vivas, lo que representa una mortalidad del 90 %.

Ambas evaluaciones resaltan el potencial acidificante del zumo de naranja para mejorar la eficacia de alpha-cypermethrina en el control de larvas de *Spodoptera frugiperda* S., registrando un 90% de mortalidad. Avalo et al., (2009) señala que el jugo de naranja natural compuesto por ácido ascórbico y ácido cítrico hace que tenga un pH entre 3,63 y 3,87. De esta manera, se respalda la corrección del pH 7 a 5,5 del agua de aplicación luego de agregar zumo de naranja. Además, se registró que a pesar de que las condiciones ambientales en las fechas de aplicación (21 y 28 de octubre) hubo precipitaciones y días con temperaturas de hasta 25°C, el ingrediente activo continuaba provocando muertes de los estadios larvales. Al respecto, Coalova (2022) refiere que la estructura molecular de la cipermetrina se caracteriza por su persistencia, por poseer acción repelente y ser resistente al lavado por lluvias. Igualmente, la alpha-cypermethrina es altamente estable a la luz y a temperaturas elevadas (FAO, 1997).

4.1.6. Tratamiento 6 (T_6): Agua + alpha-cypermethrina + corrector de pH y DT

Tabla 8

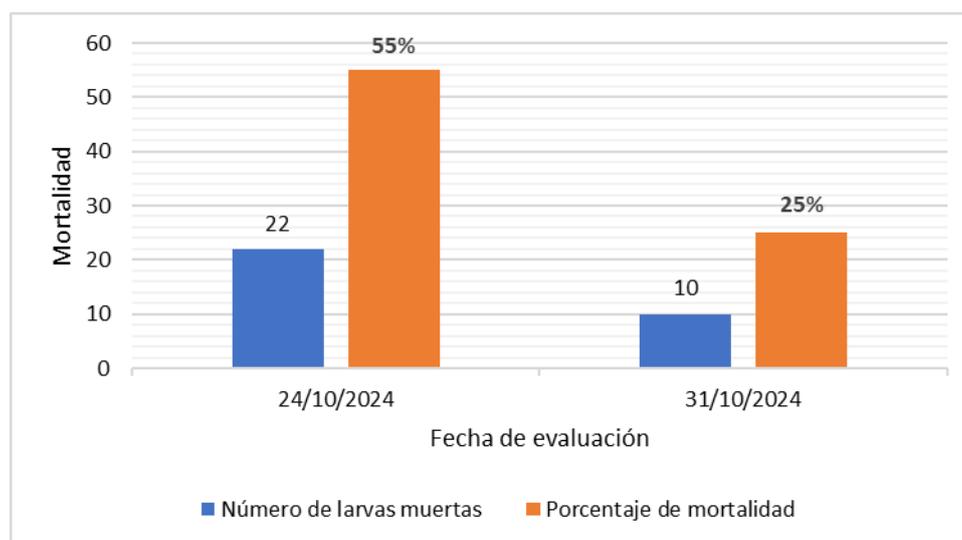
Número de larvas de *Spodoptera frugiperda* Smith muertas

Fecha de aplicación inicial	Aplicación 01		Aplicación 02				
	N° de larvas infestadas	Fecha de evaluación	N° de larvas muertas a 3 días	Fecha de aplicación	N° larvas evaluadas	Fecha de evaluación	N° de larvas muertas a 3 días
21/10/2024	40	25/10/2024	22	28/10/2024	18	31/10/2024	10
Promedio	10		6		5		3

De la Tabla 8 se observa que, tres días después de la aplicación de los tratamientos establecidos, se registraron un total de 22 y 10 larvas muertas de *Spodoptera frugiperda* Smith, de un total de 40 larvas evaluadas. Además, se presenta el promedio basado en las cuatro repeticiones consideradas en el diseño experimental, con el fin de obtener porcentajes de mortalidad más precisos.

Figura 8

Porcentaje de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* Smith.



La Figura 8 muestra que, 72 horas después de la primera aplicación del tratamiento con alpha-cypermethrina combinado con zumo de naranja (24 de octubre), se registró el mayor número de larvas muertas de *Spodoptera frugiperda*, con un total de 22, lo que equivale a una mortalidad del 55 %. En tanto que, tras la segunda aplicación del mismo tratamiento (31 de octubre), se obtuvo el menor número, con 10 larvas muertas a las 72 horas posteriores, correspondiente al 25 % de mortalidad. En promedio, se registraron 7 larvas muertas por cada 10 vivas, lo que representa una mortalidad del 80 %.

En ambas evaluaciones se registra un porcentaje de mortalidad del 80% producto de la eficacia de alpha-cypermethrina, esto por la regulación del pH del agua de dilución por el corrector de pH y DT, de un valor de 7 a 5, demostrando que hay una incidencia directa de la calidad del agua con la eficacia del insecticida. Carrasco et al.,

(2015) señala que la mala calidad del agua respecto a niveles de pH, dureza total y sales disminuye la eficiencia de los agroquímicos. Por otro lado, se muestra que la alpha-cypermethrina más el corrector de pH y DT alcanzó un número alto (32) de larvas muertas en ambas aplicaciones, sin embargo, se detectó que las larvas de estadios avanzados (IV, V y VI) de larvas de *S. frugiperda* presentaban más tolerancia al caldo insecticida que aquellas larvas de estadios menores al III. Al respecto Lezaun (2014) afirma que el grado 1 es el óptimo para realizar un control químico, puesto que las larvas recién nacidas del estadio I y II de *S. frugiperda* se alimentan del parénquima de la hoja, permaneciendo expuestas al insecticida.

4.1.7. Comparación entre tratamientos

a. *Análisis de varianza (ANOVA) de los porcentajes de mortalidad de Spodoptera frugiperda.*

Tabla 9

Análisis de varianza para el porcentaje de mortalidad de larvas de Spodoptera frugiperda (J.E. Smith)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr > F
Tratamientos	6	3942.86	582.14	3.85	0.0095
Error	21	3175.00	151.19		
Total	27	6667.86			

Nota. El ANOVA y el coeficiente de variabilidad de esta variable se determinó en base a datos transformados (\sqrt{x}) por ser discontinua.

$$CV = 16,16 \%$$

En la Tabla 9 se aprecia que existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados sobre la mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* dado que dado que $p = 0.0095$ es menor que 0.05, significativo al 5%. Esto sugiere que al menos

uno de los seis tratamientos tuvo un efecto distinto (más o menos efectivo) respecto a los otros. Igualmente se observa que el coeficiente de variación es de 16,16%, lo que implica que los resultados obtenidos son homogéneos para la variable estudiada, mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* S., relacionada directamente a la eficacia de alpha-cypermethrina mejorada por la corrección del pH del agua de los coadyuvantes adicionados, así como, con las condiciones medioambientales circundantes del experimento. En ese sentido, para saber cuáles de los tratamientos son diferentes entre sí, se realizó la prueba de LSD que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 10

*Prueba de LSD ($\alpha = 0,05$) para el porcentaje de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)*

Tratamientos	N	Promedio	Prueba LSD
T ₅	4	87.50	A
T ₁	4	82.50	A B
T ₂	4	82.50	A B
T ₆	4	80.00	A B
T ₃	4	80.00	A B
T ₄	4	67.50	B C
T ₀	4	50.00	C

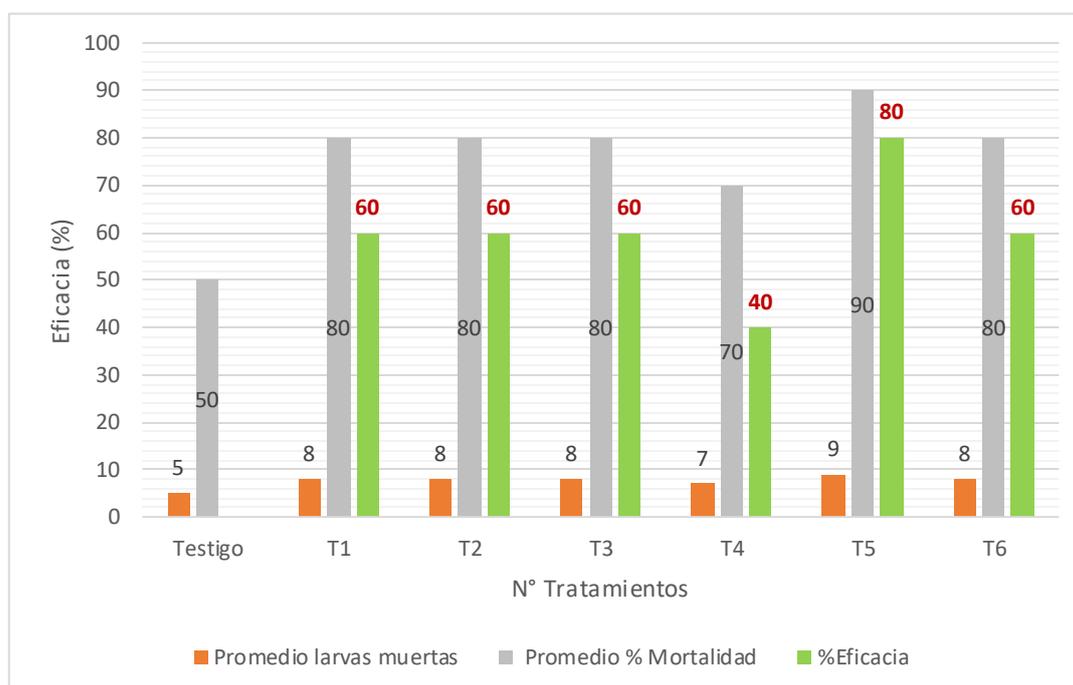
En la tabla 10 se presentan cuáles de los tratamientos fueron diferentes entre sí a través de una comparación de medias de la prueba LSD ($\alpha = 0.05$). Siendo así que el tratamiento T₅ (agua + alpha-cypermethrina + zumo de naranja) presentó el mayor porcentaje de mortalidad (87.5%) y se ubicó en el grupo estadísticamente superior (letra A), diferenciándose significativamente del tratamiento testigo (T₀), conformado por agua + alpha-cypermethrina, que mostró la menor mortalidad (50%) y perteneció al grupo C. Los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₆ se agruparon en las letras A y B, indicando un efecto

intermedio, sin diferencias significativas entre ellos, pero con mejor desempeño que el testigo. Por su parte, el tratamiento T₄ (agua + alpha-cypermethrina + aceite agrícola) se ubicó en un grupo estadísticamente intermedio (letras B y C), mostrando eficacia moderada.

4.1.8. Determinación del porcentaje de eficacia

Figura 9

Porcentajes de eficacia de alpha-cypermethrina y coadyuvantes según Abbot.



En la figura 9, se observa que, al determinar los porcentajes de eficacia de alpha-cypermethrina y coadyuvantes según Abbot, luego de la evaluación de los porcentajes de mortalidad a las 72 horas después de las aplicaciones, el tratamiento de alpha-cypermethrina más zumo de naranja (T5) alcanzó en promedio 80% de eficacia, ubicándose en la escala de eficacia alta (70 a 90%) según SAG (2022). De manera que, el mayor número de larvas muertas para alpha-cypermethrina más zumo de naranja estuvo relacionado con el modo y mecanismo de acción del ingrediente activo, mejorado por la corrección del pH 7 del agua de pulverización a 5,5 gracias al contenido de ácido cítrico y ácido ascórbico del zumo. Al respecto, Rodríguez (2020) mencionó que el jugo

de naranja valencia posee un pH de 3,61, 0,85 % de ácido cítrico y 56,01 % de ácido ascórbico, por lo que, es utilizado para regular el pH de aguas básicas. Del mismo modo, el Instituto Regional de Estudios de Sustancias Tóxicas de Costa Rica (IRET, s.f.) afirma que el pH del agua de aplicación sugerido para alpha-cypermethrina debe estar entre los 5,0 a 6,0. Ubicándose en esos rangos los niveles de pH de agua para la pulverización corregidos por los coadyuvantes.

Los tratamientos 1, 2, 3 y 6 conformados con coadyuvantes que corrigieron el pH del agua de aplicación de 7 a niveles de 5,0 y 6, mejoraron la eficacia de la alpha-cypermethrina hasta un 60% (eficacia media, SAG 2022), haciendo que disminuyera la densidad poblacional de larvas de *S. frugiperda* Smith. en maíz, siendo diferentes al testigo. En tanto que, la alpha-cypermethrina más aceite agrícola presentó el porcentaje menor de eficacia en el control de larvas de *S. frugiperda* en maíz. Lo que pudo estar relacionado a las condiciones ambientales, así como a los estadios larvales de *S. frugiperda*, evidenciándose que estadios larvales mayores al IV presentaron una mayor tolerancia al ingrediente activo. Al respecto Meléndez (2012) recomienda aplicar alpha-cypermethrina para controlar el gusano cogollero cuando las plantas tengan de 3 a 6 hojas y se detecte el daño inicial de las larvas en las hojas, especialmente cuando las larvas son pequeñas y están expuestas. Igualmente, Casmuz et al. (2020) afirma que la aplicación del insecticida realizada en daños correspondientes al grado 2 – 3 y bajas cantidades de larvas grandes, evidenció un control contundente sobre *S. frugiperda*.

No obstante, se resalta que los tratamientos con coadyuvantes correctores del pH del agua influyeron para que alpha-cypermethrina alcanzará porcentajes de mortalidad por encima del 50% en comparación con el tratamiento testigo, demostrándose que la calidad del agua modificada por los coadyuvantes mejora la eficacia del ingrediente activo de Alpha-cypermethrina.

4.2. Determinación del coadyuvante adecuado y económico para mejorar la eficacia de alpha-cypermethrina.

En la tabla 11, se observan la corrección del pH del agua de aplicación al añadir los coadyuvantes antes de la mezcla con alpha-cypermethrina. Además, se muestran los porcentajes de eficacia de alpha-cypermethrina respecto a los porcentajes de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* S. en maíz.

Tabla 11

Corrección del pH del agua de aplicación por coadyuvantes

Coadyuvantes	pH de agua inicial	pH de agua corregida	% Eficacia de alpha-cypermethrina
Vinagre blanco	7	5,5	60
Zumo de limón	7	6,0	60
Etanol 70°	7	6,0	60
Aceite agrícola	7	5,5	40
Zumo de naranja	7	5,5	80
Corrector de pH y DT	7	5	60

De la tabla 11, se puede afirmar que el coadyuvante adecuado para regular el pH del agua del caldo insecticida es el zumo de naranja, el cual mejoró la eficacia de alpha-cypermethrina logrando el 80% de mortalidad de las larvas de *Spodoptera frugiperda* Smith en maíz; seguido por el vinagre, el zumo de limón, el etanol y el corrector de pH que incidieron en el ingrediente activo para obtener un porcentaje de mortalidad del 60%. De esta manera, se logra reducir el número de aplicaciones y la frecuencia de aplicaciones del insecticida, así como se evita exceder de la dosis recomendada del producto, alcanzando un control eficaz sobre el gusano cogollero en maíz.

Tabla 12

Estudio económico de los coadyuvantes para mejorar la eficacia de alpha-cypermethrina sobre el control de S. frugiperda en maíz

Coadyuvantes	Dosis de investigación (ml/500ml)	Dosis de recomendación (L/20L)	Dosis de recomendación (L/200L)	Unidades/cil/ha	Precio unitario/cil/ha	Total (S/.)
Vinagre blanco	1	0.04	0.4	4	1.5	6
Zumo de limón	1	0.04	0.4	35	0.20	7
Zumo de naranja	1	0.04	0.4	8	0.5	4

Por lo tanto, si en términos de economía se refiere para recomendar el uso de los coadyuvantes del tipo reguladores del pH del agua que mejoraron la eficacia de alpha-cypermethrina, de la tabla 12 se concluye que todos los coadyuvantes que mejoraron la eficacia del ingrediente activo, tales como el vinagre, limón y naranja presentan un bajo costo, lo que les hace económicamente viables para los productores de maíz. Entre ellos los frutos de naranja y limón resultan ser los más accesibles, tanto por su menor precio relativo (S/. 7.00 y 4.00 soles por hectárea, respectivamente) como por su disponibilidad en el entorno de los agricultores.

4.3. Evaluación de la eficiencia de la aplicación.

Para la evaluación de la eficiencia de la aplicación se consideraron dos factores: N° de gotas/cm² y el porcentaje de cobertura, utilizando tarjetas hidrosensibles y la herramienta portátil DropScan.

a. N° de gotas/cm². Sobre la tarjeta hidrosensible teñida de color azul debido al contacto con el agua asperjada desde el pulverizador, se colocó una tira pequeña de cartulina blanca con cuadrados de 1cm². Seguidamente se trasladó al microscopio para realizar el conteo de número de gotas habidas en ese cm². Registrándose 139 gotas/cm² en promedio, resultado que se encuentra por encima de lo establecido para las aplicaciones de insecticidas de contacto o protectores, donde recomiendan un mínimo de 50 gotas/cm² [Ministerio de Agricultura Ganadería-Costa

Rica (MAG, 1991)]. De esta manera, nos demuestra que la calibración del pulverizador fue óptima, lo que aseguró la eficiente aplicación del caldo insecticida sobre el área foliar del maíz.

b. Porcentaje de cobertura. La tarjeta hidrosensible teñida de color azul fue escaneada con la herramienta portátil DropScan desde el teléfono con la finalidad de determinar el porcentaje de cobertura, registrándose un 3.5% de cobertura. Indicando una eficiente aspersion del caldo insecticida, influenciado por el número de gotas habidas en el cm^2 puesto que el usar gotas de tamaño muy reducido, tardan más tiempo en depositarse, por lo tanto, están más expuestas a ser arrastradas por movimientos del aire (deriva) (Puig, 2019).

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se determinó que el mayor porcentaje de eficacia en la mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), provocado por la aplicación de alpha-cypermethrina en combinación con coadyuvantes reguladores del pH del agua, correspondió al tratamiento T₅ (agua + alpha-cypermethrina + zumo de naranja), el cual alcanzó un 80% de eficacia. Este resultado sugiere que la inclusión del zumo de naranja como coadyuvante mejoró notablemente la eficacia del insecticida.

Se determinó que los coadyuvantes más adecuados y económicamente viables para su uso en mezcla con alpha-cypermethrina en el control de larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en maíz (*Zea mays* L.) son el zumo de naranja, el zumo de limón y el vinagre blanco. Estos coadyuvantes, además de mejorar la eficacia del insecticida, son fácilmente accesibles para los agricultores, lo que los convierte en alternativas prácticas y de bajo costo para el manejo integrado de esta plaga.

5.2. Recomendaciones

Ensayar diferentes dosis de los productos cítricos para validar la más adecuada.

Ensayar estos productos cítricos con otros insecticidas y herbicidas.

Se recomienda realizar la aplicación del producto en adición con los coadyuvantes determinados como correctores eficientes del pH del agua, durante etapas tempranas de gusano cogollero en el cultivo de maíz, para evitar el desarrollo de la tolerancia de la plaga ante la aplicación.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFRASA. (2014). *Guía aplicación mochila*. Archivo digital.
<https://www.afrasa.es/admin/assets/docs/guia-mochilas.pdf>
- Aquino, M., & Teves, S. (1994). El limón comobiocida natural para desinfectar las aguas de consumo. *Bulletin of the Pan American Health Organization*, Vol. 28, No. 4.
<https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/15659/v117n4p289.pdf?sequence=1>
- Arrospide, G. (2004). *Criterios para el uso de aditivos y coadyuvantes*.
https://www.calister.com.uy/wp-content/uploads/2016/06/1311182916Criterios_para_el_uso_de_Aditivos_y_Coadyuvantes.pdf
- Atkinson, R., Horna, D., Barrenechea, J., Flores, M., Ramírez, M., Sánchez, R. A., Arbizu, C. I., & Maurer, A. (2023). DEL CAMPO A LA MESA: Análisis y Recomendaciones sobre el Hallazgo de Residuos Excesivos de Plaguicidas en Productos Agrícolas en el Perú. Lima. CONCYTEC.
- Avalo, B., Pérez, S., y Tovar, M. (2009). Caracterización preliminar del proceso de concentración del jugo natural de naranja en un evaporador de tres efectos. *Interciencia*, 34(11), 784-790. Recuperado en 16 de mayo de 2024, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009001100007&lng=es&tlng=es
- AVGUST. (s.f.). *Ficha técnica Allcrop 100 EC (Alpha-cypermethrin)*. Archivo digital.
https://avgust.com.pe/wp-content/uploads/2023/04/FT-ALLCROP-100EC_1.pdf
- Carrasco, L., Beretta, A., Bassahún, D., García, L., Musselli, R., Oten, R., Torres, D., Torres, O., y Tellechea, G. (2015). *Revista INIA*.
<https://www.researchgate.net/publication/279456311>

- Casmuz, A., Juárez, L., Socías, G., Murúa, G., Prieto, S., Medina, S., Willink, E., & Gastaminza, G. (2010). Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 69(3-4), 209-231. Recuperado en 05 de agosto de 2024, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0373-56802010000200007&lng=es&tlng=es.
- Delgado, N. (2014). *Evaluación de la eficacia de un insecticida biológico mediante análisis probit*. http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Zoologia_Agricola/Manejo_Integrado/Competencia3/Metodos_para_realizar_Analisis_Probit_-_GU%C3%8DA.pdf
- Dirección General de Sanidad Vegetal (2021). *Ficha técnica: gusano cogollero Spodoptera frugiperda (J.E. Smith)*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/635234/Gusano_cogollero_en_ma_z_y_arroz.pdf
- DROKASA. (s.f.). *Ficha técnica Alphamax 10 CE (Alphacypermethrina)*. Archivo digital. <http://www.drokasa.pe/aplication/webroot/imgs/catalogo/pdf/Ficha%20Tecnica-ALPHAMAX%2010%20CE.pdf>
- FAO. (2020). *Soil testing methods manual*. <https://openknowledge.fao.org/items/08f3bf38-5df7-4c79-b78b-a8a910824969>
- García, P. (2017). El cultivo del maíz en el mundo y en Perú. *Rev. Investigación. Univ. Le Cordon Bleu* 4(2). <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2017v4n2.005>
- Chango, I. (2012). Control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador].
- GLEBA. (2020). *Calidad del agua y su impacto en la eficiencia de los insecticidas*. <https://gleba.com.ar/calidad-del-agua-y-su-impacto-en-la-eficiencia-de-los->

insecticidas/#~:text=El%20pH%20es%20un%20factor,la%20hidr%C3%B3lisis%20qu%C3%ADmica%20(disociaci%C3%B3n).

Grup Andina. (2022). Ficha técnica aceite agrícola.

http://grupoandina.com.pe/media/uploads/ficha_tecnica/ft-wet-oil_rOfZARx.pdf

Guzmán, D., Rodríguez, J., y Valencia, S. (2016). Identificación de estadios larvales de lepidópteros - Plaga de Maíz. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 46 p.

Hernández, G., y Salazar, L. (2019). Influencia de la dureza del agua en ríos y pozos en la efectividad de plaguicidas, provincia de Los Santos, Panamá. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 1(02), 28-42.

HIDROGRUPO. (s.f.). *Acidificantes para el agua*. <https://hidrogrupo.com/acidificantes-para-el-agua/>

INEI. (2015). Encuesta Nacional Agropecuaria 2015 [dataset]. http://webinei.inei.gob.pe/anda_inei/index.php/catalog/302/variable/V526

INEI. (2019). Encuesta Nacional 2018: Principales Resultados Pequeñas, Medianas y Grandes Unidades Agropecuarias 2014 - 2018 (p. 120). INEI. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1697/libro.pdf

Instituto Nacional de Investigación Agraria. (2004). *Maíz INIA 603 - Choclero*. https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/maiz-amilaceo/INIA_603.pdf

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2023). *Plaguicidas: Clasificación y toxicología de los plaguicidas*. <https://www.insst.es/documents/94886/4155697/Tema%2015.%20Plaguicidas.pdf>

INTAGRI. (2016). La Fenología del Maíz y su Relación con la Incidencia de Plagas. Serie Fitosanidad. *Núm. 55. Artículos Técnicos de INTAGRI. México*. 3 p.

- Endicott, S., Brueland, B., Keith, R., Schon, R., Bremer, C., Famham, D., DeBruin, J., Clausen, C., Strachan, S., y Carter, P. (2015). *Maíz crecimiento y desarrollo*. https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf
- IRAC. (2019). *Clasificación del modo de acción*. <https://irac-online.org/documents/moa-structures-poster-spanish/?ext=pdf>
- Laboratorios químicos ARVI S.A. (s.f.). Información técnica alcohol etílico al 70% químicamente puro. <https://www.arvicr.com/productos/fichas-tecnicas/alcohol-etilico.pdf>
- Leiva, P. (2014). *Ámbito de recomendación de aditivos o coadyuvantes en pulverizaciones agrícolas*. INTA. <https://todoagro.com.ar/documentos/2014/Ambitoderecomendacion.pdf>
- Lezaun, J. (2014). *Gusano cogollero, una plaga de alto impacto*. <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/gusano-cogollero>
- López, L. (2021). *Tarjetas hidrosensibles*. <https://prezi.com/p/kfdbcsx3regm/tarjetas-hidrosensibles/>
- Manual Fitosanitario. (2023). *Coadyuvantes*. https://aws.agroconsultasonline.com.ar/ticket.html/script-tmp-inta-aplicacion_eficiente_de_fitosanitarios_cap_9_coad.pdf?op=d&ticket_id=22927&evento_id=52402
- Ministerio de Agricultura Ganadería [MAG]. (1991). *Equipos y técnicas de aplicación terrestre*. https://www.sfe.go.cr/Publicaciones/Manual_BPA_3_Equipos_y_Tecnicas_de_Aplicacion_Terrestre.pdf
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2019). *Reglamento Técnico: "RTCR 484:2016. Insumos Agrícolas. Plaguicidas Sintéticos Formulados, Ingrediente Activo Grado Técnico Coadyuvantes y Sustancias Afines de Uso Agrícola. Registro, Uso y*

Control.

https://importlicensing.wto.org/sites/default/files/members/36/Decreto%20Ejecutivo%20No.40059-MAG-MINAE-S%20-%20Insumos%20Agr%C3%ADcolas_29.11.2016.pdf

Mis, A. (2010). *Efectividad de Cletodim y glufosinato de amonio con cuatro reguladores de pH del agua* [Tesis de pregrado, Universidad Zamorano, Honduras]. Archivo digital. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/1eae1e4b-6901-4aee-9388-eea18b764e52/content>

Morales, P., Noguera, Y., Escalona, E., Fonseca, O., Rosales, C., Salas, B., Ramos, F., Sandoval, E., & Cabañas, W. (2010). Sobrevivencia larval de *spodoptera frugiperda* smith con dietas artificiales bajo condiciones de laboratorio. *Agronomía Tropical*, 60(4), 375-380. Recuperado en 27 de diciembre de 2024, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2010000400007&lng=es&tlng=es.

Moreira, L. (2020). *Determinación del ciclo de vida del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda), y el barrenador del tallo (Diatraea saccharalis), de maíz en condiciones controladas* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo] Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

Moreno, J. (2009). *Uso seguro de plaguicidas e insumos agrícolas*. Comunicaciones Augura. Medellín, Colombia. <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/ais-2015/uso-plaguicidas.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2023). Anuario estadístico. <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-statistical-yearbook-2023-goes-live--highlights-the-impact-of-disasters-on-agriculture-and-cost-of-healthy-diets/es>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2017. *Ciclo biológico del gusano Cogollero del maíz en América Latina*. <http://www.fao.org/3/a-i7424s.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (1997). *Alfa-cipermetrina*.
<https://www.fao.org/4/w4601e/w4601e08.htm#alphacypermethrin>
- Ortega, A. (1987). *Insectos nocivos del maíz*. CIMMYT. México.
- Padín, S., y Passalacqua, S. (2018). *Protección vegetal, una mirada hacia el cuidado del ambiente y la salud humana*. Editorial Universidad de La Plata.
- Palomino, M., León, W., Valencia, P., Cárdenas, F., & Ancca J. (2007). Evaluación de campo del efecto residual de la deltametrina sobre la mortalidad y knockdown en *Triatoma infestans*, según tipo de superficie en Arequipa, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 24(2), 136-143. Recuperado en 27 de diciembre de 2024, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342007000200007&lng=es&tling=es.
- Perozo, A., y Somensari, A. (2009). *Tecnología de aplicación de plaguicidas*.
<https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00001453.pdf>
- Pi Puig, F. (2019). *Pulverizaciones agrícolas: Comparación de metodologías para su evaluación [Universidad Nacional de la Plata]*
https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/85777/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- PLM-DEAK. (2019). <https://www.agroquimicos-organicosplm.com/>
- Ponce, G., Cantú, P., Flores, A., Mohamaad, B., Zapata, R., López, B., y Fernández, I. (2006). *Modo de acción de los insecticidas*.
<https://respyn.uanl.mx/index.php/respyn/article/download/178/160/319>
- Pórfido, O. (2014). *Los plaguicidas en la República Argentina* 1era ed. Buenos Aires: Ministerio de Salud de la Nación.
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/0000000341cnt-14-plaguicidas_argentina_0.pdf

- Ramos, J. (2023). *Uso y manejo de coadyuvantes agrícolas*. <https://es.slideshare.net/slideshow/uso-y-manejo-de-coadyuvantes-agrcolaspptx/255840211>
- Regulation of the European Parliament and of the Council. (2012). *Uso de ácido acético en la industria alimentaria*. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2008R1333:20120813:EN:PDF>
- Ríos, J. (2023). *Influencia de la calidad del agua en el desempeño de los insecticidas contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Archivo digital. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/>
- Rodas, R. (2018). *Elaboración de curvas de calidad de agua para aspersión pH y dureza en la región I de Anacafé*. Boletín CEDICAFE. [https://www.anacafe.org/uploads/file/e5aead19099440e1b001c71cb331b247/Boletin-Tecnico-CEDICAFE-2018-08_\(2\).pdf](https://www.anacafe.org/uploads/file/e5aead19099440e1b001c71cb331b247/Boletin-Tecnico-CEDICAFE-2018-08_(2).pdf)
- Rodríguez, A., Florido, A., y Hernández, M. (2020). *Determinación de parámetros fisicoquímicos en jugos de frutas cítricas*. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. <http://eprints.uanl.mx/23524/1/23.pdf>
- Rodríguez, J., Salazar, M., Contreras, M. (2018). Efecto de diferentes surfactantes sobre larvas III de *Spodoptera frugiperda* Smith bajo condiciones de laboratorio y de campo. *Arnaldoa*, 25(3), 1041-1052. <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25315>
- SAG. (2022). *Protocolos de eficacia de productos microbianos de control de plagas*. Archivo digital. <https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/d-ris-rai-pa-004-protocolos-eficacia-pmcp-v01-final3-ok.pdf>
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria. (2020). *Guía para la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para el cultivo de maíz choclo*.

<https://www.senasa.gob.pe/senasa/wp-content/uploads/2020/07/Guia-BPA-MAIZ-CHOCLO.pdf>

- Soumia, S., Dhananjay, V., Chitra, N., Guru, G., Pandi, P., Karuppaiah, V., Gadge, A., Thangasamy, A., & Mahajana, V. (2023). *Invasion of fall armyworm, (Spodoptera frugiperda, J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae) on onion in the maize–onion crop sequence from Maharashtra, India. Front. Ecol. Evol. 11:1279640. doi: 10.3389/fevo.2023.1279640*
- Stevens, E. (s.f.). Ácidos, bases, pH y soluciones amortiguadoras-Water. Archivo digital. <https://openstax.org/books/biology/pages/2-2-water>
- Tejeda, M., Solís, J., Díaz, J., Peláez, A., Ayvar, S., y Mena, A. (2016). Evaluación de insecticidas en el control de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* JE Smith (Lepidoptera: noctuidae) en maíz en Cocula, Guerrero. *Entomología Mexicana*. 3. 391-394.
- Tejeira, D. (2015). *Eficacia de los reguladores de pH del agua en el control de malezas con glufosinato de amonio* [Tesis de pregrado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras]. Archivo digital. <https://bdigital.zamorano.edu/>
- Valdez, J., Soto, F., Osuna, T. & Báez, M. (2012). Modelos de predicción fenológica para maíz blanco (*Zea mays* L.) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith). *Agrociencia*, 46(4), 399-410. Recuperado en 05 de agosto de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000400007&lng=es&tlng=es.
- Valdiviezo, L., y Núñez, E. (1984). *Plagas del maíz y sus enemigos naturales*. IICA, Lima, Perú.
- Vásquez, V. (2014). *Diseños experimentales con SAS*. CONCYTEC FONDECYT, Cajamarca, Perú.
- Vela, A. (1993). *Glosario de entomología general*. UNC. Cajamarca, Perú.

ANEXOS

Anexo 1 Galería fotográfica del ensayo experimental.

Figura 10

Siembra de maíz.



Figura 11

Colecta de larvas de *Spodoptera frugiperda* Smith en cultivo de maíz amarillo en el Caserío de Hualabamba, San Bernardino.



Figura 12

Infestación de larvas de Spodoptera frugiperda en las unidades experimentales

**Figura 13**

Preparación de los tratamientos para aplicación.





Figura 14

Pulverización de los tratamientos.





Figura 15

Evaluación de la mortalidad de alpha-cypermethrina y coadyuvantes.



Anexo 2 Registro de resultados a partir de las evaluaciones.

Tabla 13

Registro de las evaluaciones de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* a las 24, 48 y 72 horas luego de la aplicación

Tratamientos	N° Larvas infestadas	APLICACIÓN 01			APLICACIÓN 02			Total	% mortalidad	
		NÚMERO DE LARVAS MUERTAS			NÚMERO DE LARVAS MUERTAS					
		24 horas	48 horas	72 horas	24 horas	48 horas	72 horas			
Agua+Alpha-cipermetrina	T0	10	3	1	1	0	0	0	5	50
	T02	10	2	1	0	2	1	0	6	60
	T03	10	1	2	0	1	1	0	5	50
	T04	10	2	1	1	1	0	0	5	50
Agua+Alpha-cip+Vinagre	T1	10	3	3	1	0	2	0	9	90
	T12	10	3	5	0	0	0	0	8	80
	T13	10	4	1	0	3	1	0	9	90
	T14	10	4	1	0	1	1	0	7	70
Agua+alph-cip+Zumo de limón	T2	10	0	4	1	0	4	0	9	90
	T22	10	0	6	1	1	0	0	8	80
	T23	10	4	1	0	3	0	0	8	80
	T24	10	2	2	0	3	1	0	8	80
Agua+Alpha-cip+Etanol 70°	T3	10	6	1	0	2	0	0	9	90
	T32	10	6	1	0	1	0	0	8	80
	T33	10	5	0	0	2	0	1	8	80
	T34	10	2	1	0	4	0	0	7	70
Agua+Alpha-cip+Aceite agrícola	T4	10	5	1	0	0	1	1	8	80
	T42	10	2	1	2	0	3	0	8	80
	T43	10	1	2	2	3	0	0	8	80
	T44	10	1	0	0	1	1	0	3	30
Agua+Alpha-cip+Zumo de naranja	T5	10	5	1	0	1	0	0	7	70
	T52	10	5	3	1	0	1	0	10	100
	T53	10	4	2	0	1	0	2	9	90
	T54	10	6	0	0	2	1	0	9	90
Agua+Alpha-cip+Corrector de pH	T6	10	2	3	2	2	0	0	9	90
	T62	10	3	1	1	1	1	0	7	70
	T63	10	3	1	1	1	2	0	8	80
	T64	10	3	2	0	3	0	0	8	80

Tabla 14

Transformación de datos de las evaluaciones de mortalidad de larvas de Spodoptera frugiperda a las 24, 48 y 72 horas luego de la aplicación

Tratamientos	N° Larvas infestadas	APLICACIÓN 01			APLICACIÓN 02			Total	% mortalidad	Transformación de datos	
		NÚMERO DE LARVAS MUERTAS			NÚMERO DE LARVAS MUERTAS						
		24 horas	48 horas	72 horas	24 horas	48 horas	72 horas				
Agua+Alpha-cipermetrina	T0	10	3	1	1	0	0	0	5	50	45.00
	T0 ₂	10	2	1	0	2	1	0	6	60	50.77
	T0 ₃	10	1	2	0	1	1	0	5	50	45.00
	T0 ₄	10	2	1	1	1	0	0	5	50	45.00
Agua+Alph-cip+Vinagre	T1	10	3	3	1	0	2	0	9	90	71.57
	T1 ₂	10	3	5	0	0	0	0	8	80	63.43
	T1 ₃	10	4	1	0	3	1	0	9	90	71.57
	T1 ₄	10	4	1	0	1	1	0	7	70	56.79
Agua+alph-cip+Zumo de limón	T2	10	0	4	1	0	4	0	9	90	71.57
	T2 ₂	10	0	6	1	1	0	0	8	80	63.43
	T2 ₃	10	4	1	0	3	0	0	8	80	63.43
	T2 ₄	10	2	2	0	3	1	0	8	80	63.43
Agua+Alph-cip+Etanol 70°	T3	10	6	1	0	2	0	0	9	90	71.57
	T3 ₂	10	6	1	0	1	0	0	8	80	63.43
	T3 ₃	10	5	0	0	2	0	1	8	80	63.43
	T3 ₄	10	2	1	0	4	0	0	7	70	56.79
Agua+Alph-cip+Aceite agrícola	T4	10	5	1	0	0	1	1	8	80	63.43
	T4 ₂	10	2	1	2	0	3	0	8	80	63.43
	T4 ₃	10	1	2	2	3	0	0	8	80	63.43
	T4 ₄	10	1	0	0	1	1	0	3	30	33.21
Agua+Alph-cip+Zumo de naranja	T5	10	5	1	0	1	0	0	7	70	56.79
	T5 ₂	10	5	3	1	0	1	0	10	100	90.00
	T5 ₃	10	4	2	0	1	0	2	9	90	71.57
	T5 ₄	10	6	0	0	2	1	0	9	90	71.57
Agua+Alph-cip+Corrector de pH	T6	10	2	3	2	2	0	0	9	90	71.57
	T6 ₂	10	3	1	1	1	1	0	7	70	56.79
	T6 ₃	10	3	1	1	1	2	0	8	80	63.43
	T6 ₄	10	3	2	0	3	0	0	8	80	63.43

Tabla 15

Cálculo de porcentajes de eficacia para el ingrediente activo a partir de los porcentajes de mortalidad de S. frugiperda.

Tratamientos	N° Larvas infestadas	APLICACIÓN 01			APLICACIÓN 02			Total	% mortalidad	% Eficacia del % mortalidad según Abbot	
		NÚMERO DE LARVAS MUERTAS			NÚMERO DE LARVAS MUERTAS						
		24 horas	48 horas	72 horas	24 horas	48 horas	72 horas				
Agua+Alpha-cipermetrina	T0	10	3	1	1	0	0	0	5	50	
	T0 ₂	10	2	1	0	2	1	0	6	60	
	T0 ₃	10	1	2	0	1	1	0	5	50	
	T0 ₄	10	2	1	1	1	0	0	5	50	
Agua+Alph-cip+Vinagre	T1	10	3	3	1	0	2	0	9	90	80.00
	T1 ₂	10	3	5	0	0	0	0	8	80	50.00
	T1 ₃	10	4	1	0	3	1	0	9	90	80.00
	T1 ₄	10	4	1	0	1	1	0	7	70	40.00
Agua+alph-cip+Zumo de limón	T2	10	0	4	1	0	4	0	9	90	80.00
	T2 ₂	10	0	6	1	1	0	0	8	80	50.00
	T2 ₃	10	4	1	0	3	0	0	8	80	60.00
	T2 ₄	10	2	2	0	3	1	0	8	80	60.00
Agua+Alph-cip+Etanol 70°	T3	10	6	1	0	2	0	0	9	90	80.00
	T3 ₂	10	6	1	0	1	0	0	8	80	50.00
	T3 ₃	10	5	0	0	2	0	1	8	80	60.00
	T3 ₄	10	2	1	0	4	0	0	7	70	40.00
Agua+Alph-cip+Aceite agrícola	T4	10	5	1	0	0	1	1	8	80	60.00
	T4 ₂	10	2	1	2	0	3	0	8	80	50.00
	T4 ₃	10	1	2	2	3	0	0	8	80	60.00
	T4 ₄	10	1	0	0	1	1	0	3	30	-40.00
Agua+Alph-cip+Zumo de naranja	T5	10	5	1	0	1	0	0	7	70	40.00
	T5 ₂	10	5	3	1	0	1	0	10	100	100.00
	T5 ₃	10	4	2	0	1	0	2	9	90	80.00
	T5 ₄	10	6	0	0	2	1	0	9	90	80.00
Agua+Alph-cip+Corrector de pH	T6	10	2	3	2	2	0	0	9	90	80.00
	T6 ₂	10	3	1	1	1	1	0	7	70	25.00
	T6 ₃	10	3	1	1	1	2	0	8	80	60.00
	T6 ₄	10	3	2	0	3	0	0	8	80	60.00

Anexo 3 Galería fotográfica del trabajo en laboratorio de entomología de la UNC.

Figura 16

Vista en laboratorio de larva de *Spodoptera frugiperda* S del estadio V.

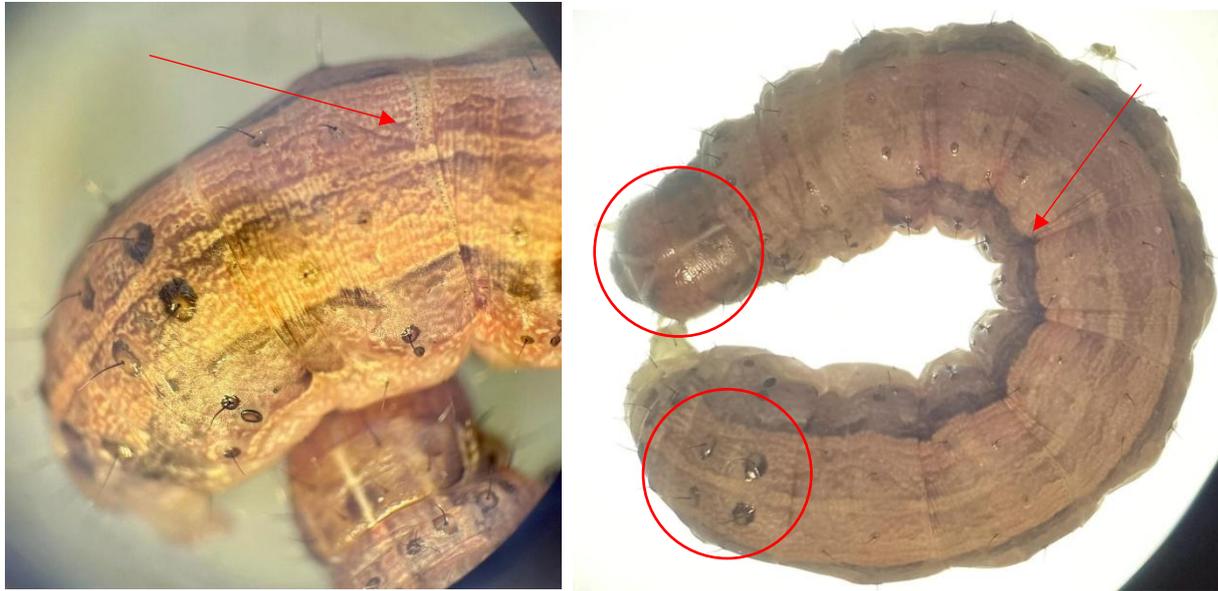


Figura 17

Vista en laboratorio de pupa de *Spodoptera frugiperda* S.



Figura 18

Vista en laboratorio de genitales masculinos (A) y femeninos (B) de *Spodoptera frugiperda* S.



Anexo 4 Galería fotográfica y tablas del trabajo en laboratorio de Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) Dirección Cajamarca.

Figura 19

Análisis del pH del agua de dilución.





Figura 20

Análisis de la Dureza total (DT) del agua de dilución.



Figura 21

Evaluación del pH de los tratamientos.

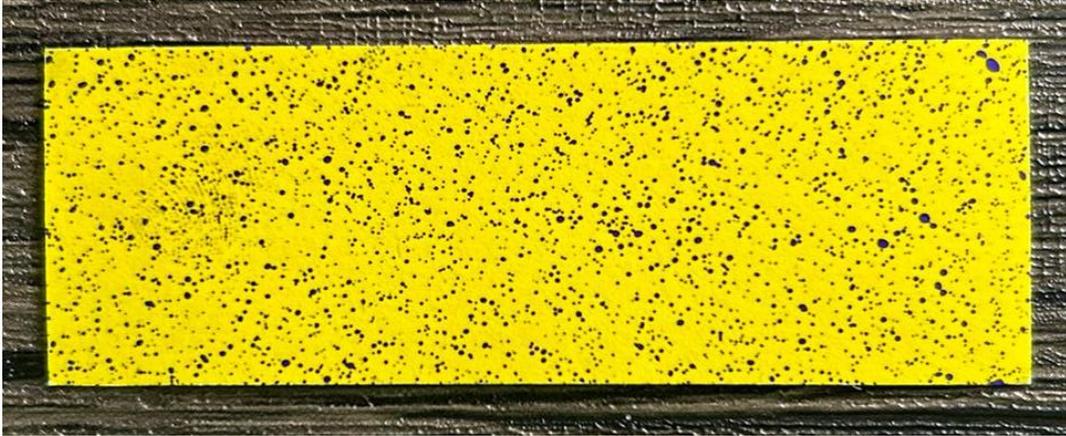
**Tabla 16**

Análisis del pH y dureza total tanto del agua de aplicación del SESA UNC y los tratamientos

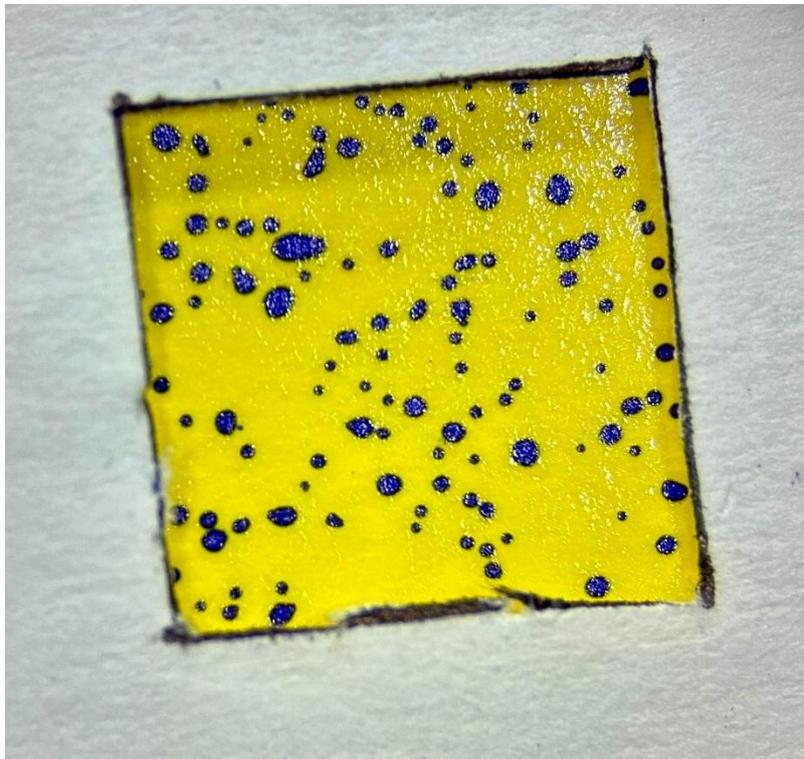
Tratamientos	Agua + Coadyuvante	pH	DT
T ₀	Agua	7	205.2 ppm
T ₁	Agua + Vinagre blanco	5.5	
T ₂	Agua + Zumo de limón	6	
T ₃	Agua + Etanol 70°	6	
T ₄	Agua + Aceite agrícola	5.5	
T ₅	Agua + Zumo de naranja	5.5	
T ₆	Agua + Corrector de pH y DT.	5	

Figura 22

Vistas de las tarjetas hidrosensibles para medir la eficiencia de la aplicación.

**Figura 23**

N° gotas/cm2 en tarjetas hidrosensibles vistas al estereoscopio.



Anexo 5 Galería fotográfica del ensayo 01.

Figura 25 Colecta de larvas de *Spodoptera frugiperda* Smith en cultivo de maíz amarillo en el Caserío de Hualabamba, San Bernardino.



Figura 26 Infestación de larvas de *Spodoptera frugiperda* en las unidades experimentales.



Figura 27 Preparación de los tratamientos para aplicación del ensayo 01.





Figura 28 Pulverización de los tratamientos del ensayo 01.



Figura 29 Evaluación de la mortalidad de alpha-cypermethrina y coadyuvantes.



Anexo 6 Registro de porcentajes de mortalidad del ensayo 1.**Tabla 17**

Registro de las evaluaciones de mortalidad y eficacia de larvas de *Spodoptera frugiperda* a las 24, 48 y 72 horas luego de la aplicación

Tratamientos	N° Larvas infestadas	NÚMERO DE LARVAS MUERTAS			Total	% mortalidad	Transformación	% Eficacia según Abbot	
		24 horas	48 horas	72 horas					
Agua+Alpha-cipermethrina	T0	10	3	3	0	6	60	50.77	
	T0 ₂	10	1	4	0	5	50	45.00	
	T0 ₃	10	2	3	1	6	60	50.77	
	T0 ₄	10	1	3	1	5	50	45.00	
Agua+Alph-cip+Vinagre	T1	10	5	3	0	8	80	63.43	50.00
	T1 ₂	10	2	5	0	7	70	56.79	40.00
	T1 ₃	10	2	6	0	8	80	63.43	50.00
	T1 ₄	10	1	5	1	7	70	56.79	40.00
Agua+alph-cip+Zumo de limón	T2	10	2	4	0	6	60	50.77	0.00
	T2 ₂	10	0	4	2	6	60	50.77	20.00
	T2 ₃	10	2	3	0	5	50	45.00	-25.00
	T2 ₄	10	1	7	0	8	80	63.43	60.00
Agua+Alph-cip+Etanol 70°	T3	10	2	4	0	6	60	50.77	0.00
	T3 ₂	10	2	4	0	6	60	50.77	20.00
	T3 ₃	10	3	4	1	8	80	63.43	50.00
	T3 ₄	10	5	2	0	7	70	56.79	40.00
Agua+Alph-cip+Aceite agrícola	T4	10	2	4	1	7	70	56.79	25.00
	T4 ₂	10	0	6	0	6	60	50.77	20.00
	T4 ₃	10	4	3	0	7	70	56.79	25.00
	T4 ₄	10	4	3	0	7	70	56.79	40.00
Agua+Alph-cip+Zumo de naranja	T5	10	3	3	0	6	60	50.77	0.00
	T5 ₂	10	4	4	2	10	100	90.00	100.00
	T5 ₃	10	5	0	0	5	50	45.00	-25.00
	T5 ₄	10	4	4	1	9	90	71.57	80.00
Agua+Alph-cip+Corrector de pH	T6	10	3	3	1	7	70	56.79	25.00
	T6 ₂	10	1	6	0	7	70	56.79	40.00
	T6 ₃	10	3	3	0	6	60	50.77	0.00
	T6 ₄	10	2	5	0	7	70	56.79	40.00