



Eficacia de atrayentes en el control de la mosca de la mazorca (*Euxesta* spp.) y su impacto en el rendimiento del maíz

Efficacy of attractants in controlling the corn maggot (*Euxesta* spp.) and their impact on corn yield

Wildo Vasquez¹; Darwin Huaman¹; Fredy Velasques¹; Luis Díaz-Morales²; Daniel Matsusaka^{2*}

¹ Estación Experimental Agraria Chumbibamba, Dirección de Supervisión y Monitoreo de las Estaciones Experimentales. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Lima 15200, Perú.

² Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario (DDTA). Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Av. La Molina 1981, Lima 15200, Perú.

ORCID de los autores:

W. Vásquez-Damiano: <https://orcid.org/0009-0001-0356-4552>

D. Huaman Lizana: <https://orcid.org/0000-0002-0876-1571>

F. Velasques: <https://orcid.org/0009-0008-0496-4532>

L. Díaz Morales: <https://orcid.org/0009-0007-7000-3791>

D. Matsusaka: <https://orcid.org/0009-0008-1766-2744>

RESUMEN

El maíz amiláceo (*Zea mays* L.), variedad blanco Urubamba PMV 560, representa un cultivo estratégico para la alimentación y economía de las comunidades altoandinas del Perú. Su producción se ve amenazada por la mosca de la mazorca (*Euxesta* spp.), plaga que disminuye el rendimiento y la calidad del grano. Este estudio evaluó la eficacia de cuatro atrayentes y un testigo, aplicados en trampas McPhail, para reducir poblaciones de *Euxesta* spp. en maíz cultivado en la región Apurímac, Perú. Se analizaron el número de moscas atrapadas (ECM), número de larvas por mazorca (NLM), la incidencia de daño en mazorcas (IDM) y rendimiento del grano (RGH). El tratamiento con proteína hidrolizada (T5) mostró una captura de ECM ($691,5 \pm 105,6$), NLM ($44,6 \pm 5,0$), y IDM ($11,7 \pm 1,6$), mostrando diferencias significativas ($p < 0,01$) al tratamiento testigo (T1), que registró un ECM ($1,2 \pm 0,4$), NLM ($82 \pm 4,3$) y IDM ($38,3 \pm 0,9$). En rendimiento, T5 alcanzó $3,22 \pm 0,4$ t/ha, mientras que T1 obtuvo $1,06 \pm 0,1$ t/ha. Se concluye que el uso de proteína hidrolizada es una elección eficaz para reducir la presión de *Euxesta* spp. y mejorar la productividad del maíz en zonas altoandinas.

Palabras clave: maíz amiláceo; cebos atrayentes; trampas McPhail; *Euxesta* spp; manejo integrado de plagas; agricultura sostenible.

ABSTRACT

The amylaceous maize (*Zea mays* L.), specifically the Blanco Urubamba PMV 560 variety, is a strategic crop for the food security and economy of high Andean communities in Peru. However, its production is threatened by the corn silk fly (*Euxesta* spp.), a pest that significantly reduces both yield and grain quality. This study evaluated the effectiveness of four attractants and a control, applied through McPhail traps, in reducing *Euxesta* spp. populations in maize fields in the Apurímac region, Peru. The number of captured adult flies (ECM), number of larvae per ear (NLM), incidence of ear damage (IDM), and grain yield (RGH) were assessed. The treatment using hydrolyzed protein (T5) recorded $691,5 \pm 105,6$ ECM, $44,6 \pm 5,0$ NLM, and $11,7 \pm 1,6$ IDM, showing statistically significant differences ($p < 0,01$) compared to the control treatment (T1), which recorded $1,2 \pm 0,4$ ECM, $82 \pm 4,3$ NLM, and $38,3 \pm 0,9$ IDM. In terms of yield, T5 achieved $3,22 \pm 0,4$ t/ha, while T1 yielded only $1,06 \pm 0,1$ t/ha. The results suggest that hydrolyzed protein is an effective option for reducing *Euxesta* spp. pressure and enhancing maize productivity in high-altitude Andean regions.

Keywords: starchy maize; attractant baits; McPhail traps; *Euxesta* spp.; integrated pest management; sustainable agriculture.

1. Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial (Erenstein et al., 2022), ya que desempeña un papel crucial en la seguridad alimentaria y la economía agrícola (Yang et al., 2022). En el Perú, este cultivo tiene una profunda raíz histórica, siendo fundamental en el desarrollo de civilizaciones precolombinas como los Incas, así como en otras culturas mesoamericanas (García et al., 2023). En la actualidad, el maíz sigue siendo un pilar en la alimentación humana, especialmente en las regiones altoandinas, donde el maíz amiláceo se cultiva a altitudes de 1,900 a 3,500 m.s.n.m. (Campo et al., 2024).

Sin embargo, la producción de maíz en Perú enfrenta numerosos desafíos, entre los cuales destacan las plagas que afectan su rendimiento y calidad (García & Camacho, 2010). Las moscas dañan las mazorcas en estado lechoso y pastoso (Cruz et al., 2019), reduciendo la calidad y cantidad del grano, lo que genera pérdidas económicas significativas para los agricultores. Los daños causados por *Euxesta* spp (en adelante, *Euxesta*) son de naturaleza directa, al alimentarse del grano, como indirecta, al interferir con la polinización y la formación del grano (Allan, 2023). En condiciones de alta infestación, se incrementan las pérdidas del rendimiento, lo que subraya la gravedad del problema (Bertolaccini, 2018). Esta plaga está identificada como una de las principales plagas que afectan al maíz (Lemić, et al., 2019), siendo altamente destructivas al ocasionar daño en las mazorcas en desarrollo, especialmente en el maíz dulce. Los huevos depositados en los estigmas de la planta (seda del maíz) eclosionan, y las larvas, al alimentarse de los granos protegidos por las brácteas externas, inducen lesiones que frecuentemente resultan en la pérdida de calidad de las mazorcas impidiendo su comercialización (Allan et al., 2022).

En el análisis de 25 variedades de maíz amiláceo con alta concentración de almidón, se identificaron los genotipos G6, G14, G20, GT3 y G18 como los más destacados, debido a sus notables características agro-morfológicas, lo que los posiciona como opciones relevantes para la producción de maíz cancha, choco y mote en las regiones altas del Perú (García et al., 2023). Los fitomejoradores se enfocan en seleccionar genotipos con altos rendimientos, estabilidad en diversas condiciones edáficas y climáticas, y gran capacidad de adaptación a distintos ambientes. (Lozano et al., 2015) Algunos genotipos han

mostrado rendimientos consistentes de hasta 5,75 t/ha en varios ambientes, con un ciclo de desarrollo de 160-170 días, alcanzando una altura promedio de 243 cm y destacando por su estabilidad morfológica (Gamarra et al., 2020). Además, las mazorcas de estos genotipos presentan una morfología elíptico-cilíndrica, con ocho hileras de granos blancos, y alcanzan una altura promedio de inserción de 128 cm (Limascca & Almeida, 2021). La floración femenina ocurre a los 127 días (Longoria et al., 2024), y el grano presenta una textura suave y una dureza de 39 N*mm, influyendo en el tiempo requerido para el pelado y la cocción a 90 °C (Cuarán, 2013).

A pesar del uso de diversos métodos de control, aún existe una brecha de conocimiento respecto a la eficacia comparativa de atrayentes naturales y comerciales en condiciones agroclimáticas altoandinas. Estudios previos han demostrado que el uso de sustancias como el fosfato diamónico, la chicha de jora, la melaza de caña y la proteína hidrolizada pueden ser efectivos para reducir las poblaciones de *Euxesta* y minimizar los daños en los cultivos (Metwally, 2018; Amancio & Cruz, 2020; Segovia et al., 2022; Muñoz et al., 2022; Barrea et al., 2024). Estos cebos podrían representar una alternativa sostenible y económicamente rentable para el monitoreo y control poblacional de la plaga (Sinché et al., 2022). Además, la generación de nuevos genotipos de maíz que han mostrado menor daño (Scully et al., 2002; Nuessly et al., 2007), y los diferentes colores, patrones y contrastes de fondo en trampas aumentan la eficacia de las trampas para monitoreo y control (Allan et al., 2024). Estas alternativas no solo buscan controlar la incidencia de *Euxesta*, sino también fomentar prácticas agrícolas más sostenibles y menos dependientes de insecticidas químicos, contribuyendo a la preservación del medio ambiente con enfoques sostenibles y sistemas de producción más resilientes (Zanzana et al., 2024), así como a la mejora de la calidad de vida de los agricultores (Steen, et al., 2024).

Esta investigación se propuso cuantificar el efecto de cuatro atrayentes sobre la dinámica poblacional de *Euxesta* spp. y su impacto en el rendimiento del maíz, en un entorno de alta infestación y manejo convencional limitado. Los resultados de este estudio aportan información relevante para el manejo integrado y ofrecen alternativas sostenibles para mejorar la productividad y resiliencia del cultivo de maíz en regiones altoandinas.

2. Metodología

Ubicación del área experimental

El estudio fue llevado a cabo desde diciembre 2023 a agosto 2024 en la Estación Experimental Agraria Chumbibamba del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), ubicada en la unidad vecinal de Chumbibamba el distrito de Talavera y provincia de Andahuaylas, región de Apurímac (13°38'38,91" S; 73°27'49,28" O; 2888 m s.n.m.) (Figura 1). Durante el ensayo, se registraron datos climáticos diarios con sensores automáticos, la temperatura promedio fue 12 °C, con máximas de 13,6 °C y mínimas de 10,3 °C, y una humedad relativa promedio 70,9%. Los promedios históricos fueron calculados a partir de los datos proporcionados por la estación meteorológica INIA de la estación experimental agraria Chumbibamba, a través del sistema WeatherLink (Versión 6.0.5) (Figura S1).

Descripción de tratamientos

Se emplearon cuatro tipos de atrayentes comerciales y un tratamiento control (agua) utilizando trampas del tipo McPhail (BioCont®), con las siguientes composiciones: (T2) 50 ml de fosfato diamónico en 250 ml de agua; (T3) 300 ml de chicha de jora; (T4) 160 ml de melaza de caña

de azúcar mezclada con 140 ml de agua; (T5) 15 ml de proteína hidrolizada en 285 ml de agua; y un control compuesto exclusivamente por 300 ml de agua (Tabla S1).

Durante el ensayo se realizaron cinco evaluaciones quincenales en diferentes estadios fenológicos de la etapa reproductiva. Antes de cada evaluación, se realizó el recambio completo de los atrayentes en todas las trampas. La instalación inicial de trampas se llevó a cabo al inicio de la etapa reproductiva, correspondiente al estadio R1 (aparición de estigmas o "barbas"). Se realizó las evaluaciones de acuerdo a la etapa del desarrollo fenológico del cultivo (Tabla 1).

Tabla 1

Etapas del desarrollo fenológico del cultivo

N°	Evaluación	Días	Etapas Fenológicas
EV1	Primera evaluación	15	Estadio R2 – Blíster o ampolla
EV2	Segunda evaluación	30	Estadio R3 – Grano lechoso
EV3	Tercera evaluación	45	Estadio R4 – Grano pastoso
EV4	Cuarta evaluación	60	Estadio R5 – Grano dentado
EV5	Quinta evaluación	75	Estadio R6 – Madurez fisiológica

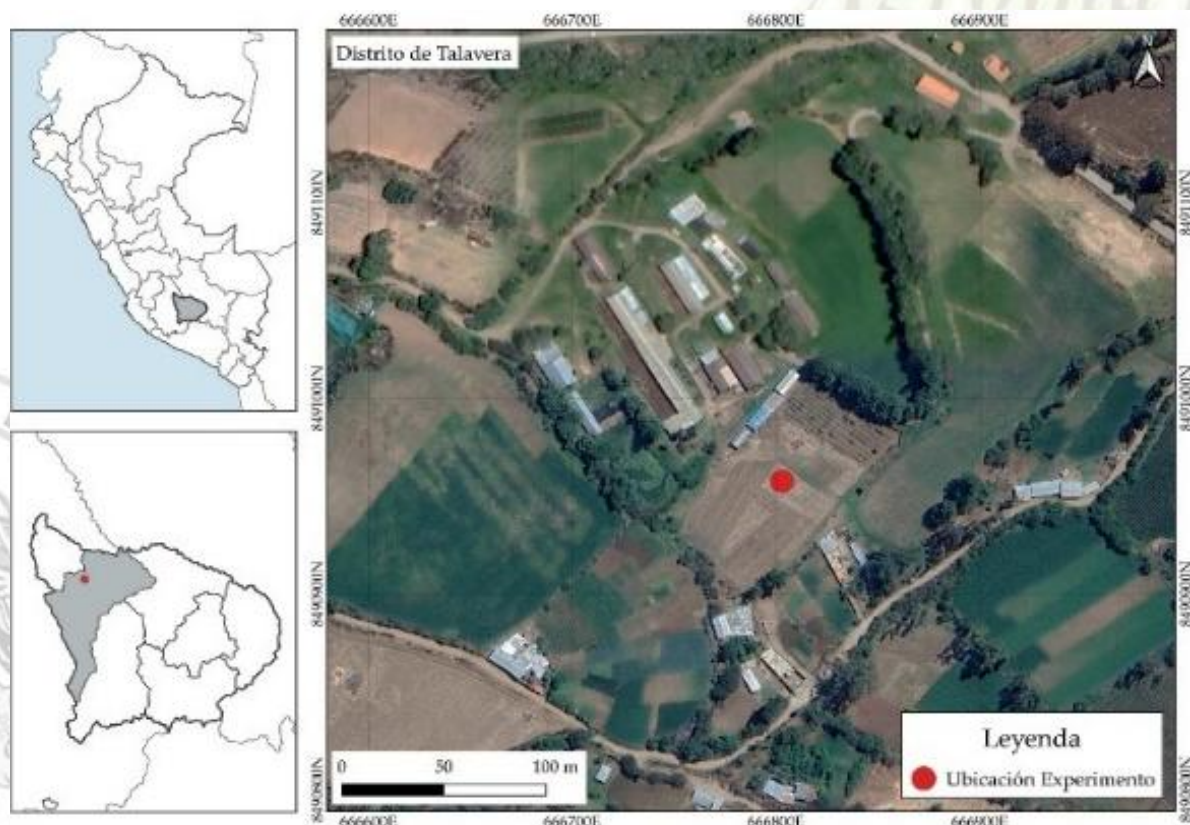


Figura 1. Ubicación del área experimental. Estación Experimental Agraria Chumbibamba, del instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

Material vegetal

Se utilizó la variedad de maíz amiláceo Blanco Urubamba PMV 560, es una raza nativa altoandina caracterizada por su gran tamaño, ciclo de desarrollo tardío y alta estabilidad morfológica (Gamarra et al., 2020). Esta variedad se cultiva principalmente en el valle de Urubamba, especialmente en Yucay, donde tiene relevancia cultural y económica. (Quevedo, 2013). Por último, Es una variedad de ciclo intermedio a precoz, con una duración de 160 a 170 días hasta la madurez fisiológica (Velásquez et al., 2025).

Diseño del experimento

El estudio se condujo bajo un diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con tres repeticiones y cinco tratamientos distribuidos aleatoriamente por bloque. Cada unidad experimental (UE) abarcó un área de 20 m² (5 m × 4 m), formada por cinco surcos con una separación de 0.80 m entre ellos. La siembra se realizó con una densidad de 0,50 m entre plantas, sembrando 10 golpes por surco (2 a 3 semillas por golpe). Para minimizar efectos de borde, se dejaron calles de 1,00 m entre bloques y bordes de 0,80 m en los extremos.

Variables agronómicas evaluadas

Las evaluaciones agronómicas comenzaron desde la floración femenina hasta la cosecha. La única variable evaluada periódicamente fue el número de moscas adultas de la mazorca *Euxesta* capturadas.

Número de Mosca de la mazorca (ECM): La presencia de adultos de mosca *Euxesta* fue monitoreada mediante trampas de tipo McPhail (BioCont®), distribuidas estratégicamente en cada unidad experimental (trampa/UE). asegurando que cada tratamiento cuente con su propio tipo de atrayente. La frecuencia de muestreo fue quincenal, realizando un conteo de las moscas adultas atrapadas en cada trampa, tomando el promedio de las 5 observaciones tomadas por tratamiento para moscas. Además, se evaluó la presencia de moscas macho y hembra durante las diferentes etapas fenológicas y por tratamiento.

Número de larva por mazorca (NLM): Se seleccionaron 10 mazorcas representativas de los tres surcos centrales de cada parcela. Las mazorcas fueron inspeccionadas individualmente para extraer y contabilizar manualmente el número total de larvas presentes

Porcentaje de incidencia del daño por mazorca (IDM): Se evaluaron las mazorcas de los tres surcos centrales de cada unidad experimental. El

porcentaje se obtuvo dividiendo el número de plantas afectadas entre el total de plantas evaluadas y multiplicando por 100 (Calviño, 2023).

Rendimiento de grano/ha (RGH). El rendimiento se estimó a partir del peso de campo utilizando una balanza analítica (marca: Patrick's. y modelo: TCS – K3) y el contenido de humedad del grano con un medidor (marca: Agratronix, modelo: Ag-MAC PLUS). Se aplicó la fórmula siguiente para estandarizar a 14% de humedad.

$$\text{RGN (Mg ha}^{-1}\text{)} = \text{PC} \times \frac{(10/\text{AE} \times (100 - \%H) / 86) \times \text{ID}}{100}$$

RGN: rendimiento de granos (Mg ha⁻¹); PC: peso de campo; %H: porcentaje de humedad del grano; (100-%H): coeficiente de porcentaje de materia seca; 86: coeficiente de corrección de humedad al 14%; (10/AE): factor de corrección para transformar kg parcela⁻¹ en Mg ha⁻¹; AE: área efectiva de la parcela (16 m²); ID: índice de desgrane equivalente (0,8).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) por variable, previo testeo de normalidad y homocedasticidad, seguido de pruebas de Tukey ($\alpha = 0,05$). El análisis fue implementado en R (4.5.0).

3. Resultados y discusión

El análisis reveló diferencias significativas en la atracción de *Euxesta* spp., particularmente en la fase reproductiva del cultivo, lo que sugiere un comportamiento sexualmente dimórfico en respuesta a los atrayentes evaluados. El tratamiento T5 (207,2 ± 26,5), con proteína hidrolizada mostro la mayor eficacia conformando un grupo estadísticamente distinto. El tratamiento T2 (100,4 ± 13,79) con fosfato diamónico más mostro un desempeño intermedio. Por otro lado, los tratamientos T3 (8,6 ± 1,7), T4 (7 ± 1,2) y T1 (0,5 ± 1,6) resultaron ser poco atractivos para las moscas macho (Figura 2, Tabla S2). La captura de moscas hembras de *Euxesta* observaron diferencias altamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos evaluados. Particularmente, el tratamiento T5 (484,2 ± 84) con proteína Hidrolizada fue significativamente superior al resto de tratamientos, mientras que el tratamiento T2 (265,3 ± 41,5) con fosfato diamonio obtuvo un número de captura suficientemente elevado para diferenciarse de los tratamientos T1 (0,6 ± 0,3), T3 (14,9 ± 2,8) y T4 (19,4 ± 4,4), los cuales no mostraron diferencias significativas entre sí. Los

resultados resaltan la efectividad del atrayente a base de proteína hidrolizada en la captura de hembras (Figura 2B, Tabla S3).

Las proteínas hidrolizadas son una mezcla de péptidos, oligopéptidos y aminoácidos obtenidos mediante digestión enzimática y/o química de harinas proteicas, utilizadas como atrayente para *Euxesta eluta*, una plaga en cultivos de maíz dulce (Arámbula et al., 2023). En el tratamiento con Bio Anastrepha® (atrayente alimenticio), se capturaron 239,4 hembras y 43,05 machos por trampa. Al combinar este atrayente con diferentes dosis de lambda-cihalotrina (Karate 50 CS), la captura de hembras disminuyó: 204,4 con 1,5 mL, 154,2 con 2,25 mL y 153,7 con 3,0 mL de insecticida. Sin embargo, la captura de machos aumentó en estos tratamientos, alcanzando 54,9 machos con 1,5 mL, 35,7 machos con 2,25 mL y 30,5 machos con 3,0 mL (Lopes & Cruz, 2020). Además, la complejidad de los factores ambientales que afectan el comportamiento de pupación de *Euxesta eluta* y sugiere que la gestión de las condiciones del suelo, como la humedad y la estructura, podría ser una herramienta poderosa en el desarrollo de estrategias de control más sostenibles para esta plaga de maíz (Allan, 2023).

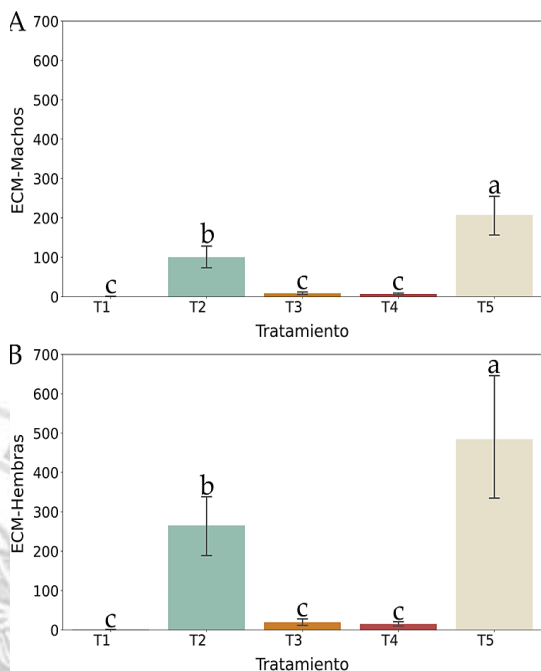


Figura 2. Efecto de los tratamientos sobre la captura de *Euxesta*. La presencia de *Euxesta* mostró diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. A) Captura de machos (ECM Machos). B) Captura de hembras (ECM Hembras). Las barras representan la media $\pm$ error estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Durante la primera evaluación (EV1) se observaron diferencias altamente significativas ($p < 0,05$) para la captura de moscas macho entre los tratamientos. El tratamiento T5 ($325,6 \pm 11,5$) registro el mayor número de capturas, y se ubicó en un grupo estadístico distinto (A) según la prueba de Tukey. En contraste, los tratamientos T2 ($29 \pm 1,5$), T3 ($8 \pm 5,0$), T4 ($8 \pm 5,5$), y T1 (1 ± 0) presentaron capturas considerablemente muy inferiores agrupándose todos en otro grupo estadístico (Tabla S4). En la segunda evaluación (EV2) no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los grupos, sin embargo, los tratamientos T5 ($140 \pm 73,8$) y T2 ($110,3 \pm 46,1$) mostraron tener una mayor incidencia de captura (Tabla S5). Esta tendencia se mantuvo en EV3 (T5: $155,3 \pm 34,1$), EV4 ($216,0 \pm 65,7$) y EV5 ($199,3 \pm 53,0$), donde T5 continuó mostrando valores superiores, seguido por T4, ambos tratamientos conformaron un mismo grupo estadístico según la prueba de tukey ($p < 0,05$), mientras que los tratamientos T3, T4, T1 no mostraron ser buenos atrayentes para la captura de moscas (Tabla S6-S8). En general, se observó una captura máxima durante EV1, seguida de una tendencia descendente en las evaluaciones posteriores con trampas tipo McPhail (Figura 3A).

En cuanto a la captura en moscas hembra, los resultados de EV1 muestran que el tratamiento T5 ($160,0 \pm 5,5$) presento la media más elevada, seguido del tratamiento T4 ($34,0 \pm 15,0$) con un menor número de capturas, ambos tratamientos se agruparon estadísticamente en un grupo distinto (A). Por otro lado, los grupos T4, T3 y T1 no se observó diferencias entre sí, además de tener el menor número de capturas en las trampas (Tabla S9). Notablemente, se observó un incremento progresivo en la captura de hembras en T5 para las evaluaciones EV2, EV3, EV4 y EV5 donde se forman dos grupos significativos (Tabla S10-S13). Además, se observa también un incremento a lo largo de las evaluaciones que incluso llega a tener un incremento de hasta 4 veces más entre EV1 y EV4 ($798,6 \pm 262,8$) para el tratamiento T5. El tratamiento T4 también mostró la mayor diferencia de capturas de moscas entre EV1 y EV5 ($327,0 \pm 85,5$) (Figura 3B).

Por lo tanto, los resultados evidencian un aumento sostenido en la captura de hembras en T2 y T5, y un número elevado de captura de moscas macho consistentemente superior a partir de EV1 en T5. Estas diferencias sugieren un efecto diferencial de los tratamientos sobre el comportamiento de atracción de ambos sexos durante las evalua-

ciones, destacando el potencial de la proteína hidrolizada como atrayente eficaz.

En los ensayos realizados (Goyal et al., 2012) se observó que el número de adultos emergidos de las mazorca infestadas por *Euxesta eluta* varió entre 8 y 17 individuos, dependiendo de las condiciones de infestación previas; De forma similar, En el estudio sobre la captura de *Euxesta eluta* en mazorca, con las trampas BioAnastrepha® (proteína hidrolizada) demostraron ser las más eficientes, capturando 800,9 hembras y 195,2 machos en promedio; de la misma forma las trampas con Torula (mezcla de bórax, silicato de magnesio hidratado y levadura seca de Torula tipo E.) registraron 257,2 hembras y 66,8 machos, mientras que las trampas de control con agua capturaron 140,5 hembras y 53,2 machos (Cruz et al., 2011).

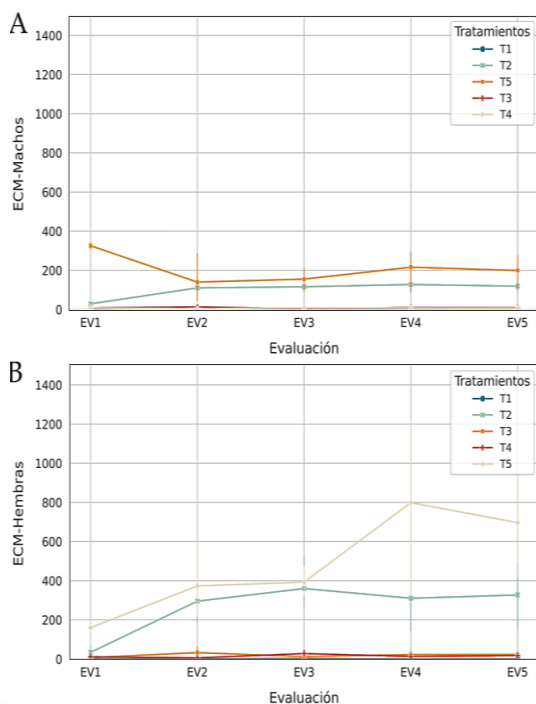


Figura 3. Dinámica temporal de captura de *Euxesta* en función de los tratamientos evaluados. Se muestra la evolución del número de capturas para *Euxesta* spp a lo largo de cinco evaluaciones consecutivas bajo distintos tratamientos. A) Captura de machos (ECM Machos). B) Captura de hembras (ECM Hembras).

Número de mosca de la mazorca en estado adulto (ECM)

Al analizar las diferencias entre los atrayentes evaluados, se observaron diferencias altamente significativas en la captura de moscas adultas *Euxesta*. El tratamiento T5 ($691,53 \pm 105,6$) registro el mayor número de individuos capturados, superando al tratamiento T2 ($365,73 \pm 32,1$). Estas diferencias fueron aún más

pronunciadas al compararse con los tratamientos T1 ($1,2 \pm 0,4$), T3 ($28,07 \pm 5,3$) y T4 ($21,93 \pm 3,7$), los cuales conformaron un grupo homogéneo sin diferencias significativas entre sí en cuanto a la captura de adultos. Por lo tanto, el atrayente más eficaz en la captura de moscas de la mazorca fue el tratamiento T5 que contiene proteína hidrolizada + agua, mientras que la menor captura se registra en el tratamiento T1 que corresponde al control con agua (Figura 4, Tabla S14-S15).

Los resultados muestran que el uso de Proteína hidrolizada + agua fue significativamente más efectivo en la captura de moscas de la mazorca en estado adulto en comparación con otros tratamientos, como fosfato diamónico + agua, chicha de jora, y melaza de caña + agua. Este patrón ha sido reportado en estudios similares realizados en ambientes tropicales, donde las proteínas hidrolizadas presentan un potente efecto atrayente sobre diversas especies de dípteros, debido a sus compuestos volátiles y nutrientes que estimulan el comportamiento ovipositor de las hembras (Metwally, 2018).

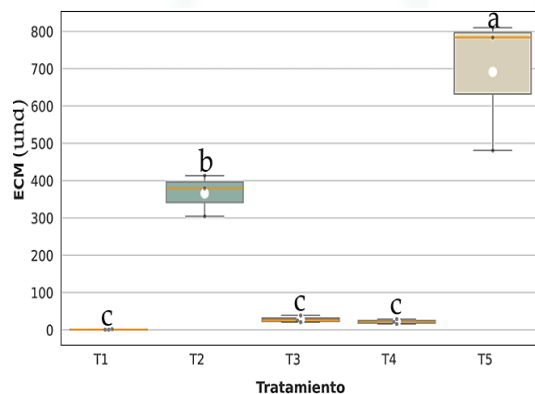


Figura 4. Distribución de EMC por tratamiento.

La presencia de *Euxesta* en las trampas mostro diferencias altamente significativas entre los tratamientos. En los diagramas de caja, la línea central representa la mediana y el punto blanco la media. Las letras diferentes muestran diferencias significativas entre las medias (Tukey test; $p < 0,05$).

Por otro lado, fosfato diamónico + agua también demostró ser efectivo, alcanzando un rendimiento de captura significativamente superior al de la chicha de jora y la melaza de caña + agua, aunque inferior al de la proteína hidrolizada. Este atrayente liberó compuestos amoniacales volátiles que actuaron como señuelos eficaces, lo que coincide con investigaciones que subrayan su efectividad en el control de plagas (Muñoz et al., 2022).

Número de larvas por mazorca (NLM)

Se observó una reducción estadísticamente significativa en el tratamiento con proteína T5 ($44,6 \pm 5,0$) en comparación con el testigo T1 ($82,0 \pm 4,3$) que presentó la mayor infestación de larvas por mazorca. Por otro lado, no se detectaron diferencias significativas los tratamientos T2 ($60,5 \pm 5,3$), T3 ($63,67 \pm 12,4$) y T4 ($68,9 \pm 8,9$), los cuales conformaron un grupo homogéneo desde el punto de vista estadístico. La correlación entre capturas de adultos y número de larvas por mazorca sugiere que la reducción poblacional temprana incide directamente en la disminución de daño posterior, lo cual refuerza la hipótesis de intervención oportuna en R1 (Figura 5, Tabla S16-S17).

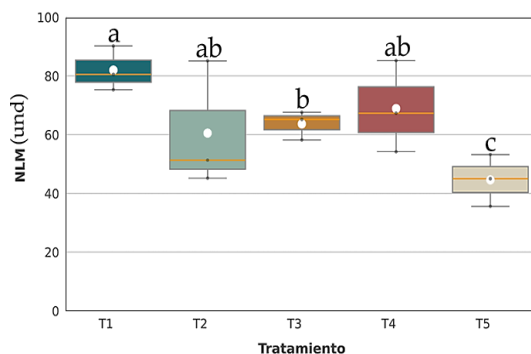


Figura 5. Distribución de NLM por tratamiento.

La cantidad de larvas mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos. En los diagramas de caja, la línea central representa la mediana y el punto blanco la media. Las letras diferentes muestran diferencias significativas entre las medias (Tukey test; $p < 0,05$).

Los resultados de la evaluación del número de larvas por mazorca confirmaron que el control de las moscas adultas se correlaciona estrechamente con la reducción del número de larvas, lo que valida el enfoque utilizado en este estudio. A pesar de que algunas diferencias entre ciertos tratamientos fueron menores, la eficacia de los atrayentes seleccionados ha sido suficientemente significativa como para sugerir su implementación en áreas afectadas por *Euxesta* spp., contribuyendo al manejo sostenible de esta plaga (Castillo et al., 2025).

En conclusión, los resultados obtenidos en este estudio son de gran relevancia para el manejo agrícola en la región Apurímac y otras áreas afectadas por la mosca de la mazorca, *Euxesta* spp., mostrando que los atrayentes naturales y comerciales pueden ser herramientas viables y eficaces para mejorar tanto el control de plagas como el rendimiento de los cultivos de maíz.

El uso de estos atrayentes, que inciden en los comportamientos de oviposición y dispersión de los insectos, ofrece una alternativa más sostenible frente a los métodos convencionales de control químico. Estos enfoques ecológicos no solo reducen la población de la plaga, sino que también favorecen la salud de los cultivos, disminuyendo las pérdidas de rendimiento, particularmente en zonas donde el maíz tiene un alto valor económico y cultural (Camacho et al., 2012).

Porcentaje de incidencia del daño por mazorca

El análisis estadístico evidenció diferencias significativas en el porcentaje de incidencia del daño por mazorca (IDM) entre los atrayentes evaluados. El tratamiento T5 ($11,6 \pm 1,6$ %) se diferenció ampliamente de los otros cuatro tratamientos, siendo la diferencia más notable con el tratamiento T1 ($38,3 \pm 0,8$ %), T3 ($31,3 \pm 1,8$ %) y T4 ($32,67 \pm 6,4$ %). Después del tratamiento T5 con proteína hidrolizada, el tratamiento T2 con fosfato diamónico obtuvo los mejores resultados con ($21,67 \pm 1,6$ %) mostrando la segunda menor incidencia de daño en la mazorca, mientras que el porcentaje incidencia más alto fue para el control T1 (Figura 6 y 7, Tabla S17-S18).

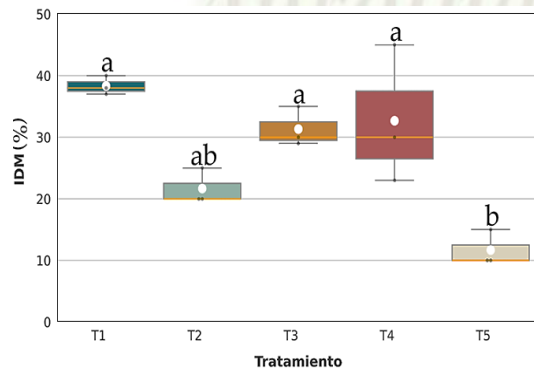


Figura 6. Distribución de IDM por tratamiento.

La presencia de daño en la mazorca mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos. En los diagramas de caja, la línea central representa la mediana y el punto blanco la media. Las letras diferentes muestran diferencias significativas entre las medias (Tukey test; $p < 0,05$). Se muestran los cinco tratamientos dispuestos según un gradiente creciente de sanidad desde izquierda a derecha. Las tres primeras mazorcas presentan distintos niveles de daño inducido por insectos, con pérdida evidente de granos, necrosis del pericarpio y presencia de estructuras fúngicas secundarias en algunas secciones.

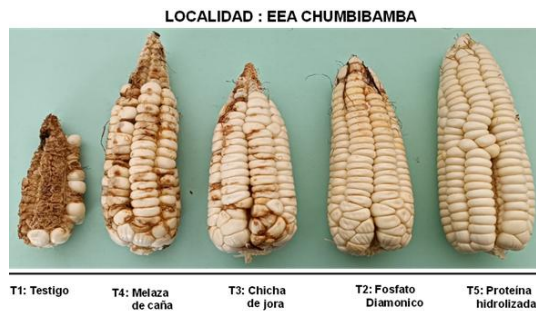


Figura 7. Gradiente de daño por insectos en mazorcas de maíz blanco amiláceo blanco Urubamba PMV 560.

Los resultados en la incidencia del daño de la mazorca realizado por Barraza et al. (2018) evidencian una menor afectación en los tratamientos con proteína hidrolizada + agua y fosfato diamónico + agua. Estos tratamientos lograron reducir el porcentaje de daño significativamente en comparación con el testigo (agua), lo que demuestra que el control eficaz de las moscas adultas se traduce en una disminución en la infestación larval y, por ende, en un menor daño a las mazorcas (Sinche et al., 2022). Este comportamiento refuerza la importancia de la captura eficiente de las moscas adultas para mitigar la propagación de la plaga y su impacto en la calidad del grano (Allan et al., 2022).

Barraza et al. (2018) documenta la incidencia del daño en mazorca, donde los resultados indicaron una menor afectación en los tratamientos que combinaron proteína hidrolizada + agua y fosfato diamónico + agua, en comparación con el testigo (agua sola). Estos tratamientos redujeron significativamente ($p < 0,05$) el porcentaje de daño, lo que sugiere que el control efectivo de adultos de moscas contribuye a disminuir la infestación larval y, en consecuencia, el daño a las mazorcas (Sinche et al., 2022). Estos hallazgos respaldan la hipótesis de que una captura masiva de adultos es clave para reducir la propagación de la plaga y minimizar las pérdidas en la calidad del grano (Abraham et al., 2023).

Rendimiento de grano por hectárea

El tratamiento T5 ($3,2 \pm 0,2 \text{ t ha}^{-1}$) y T4 ($3,17 \pm 0,2 \text{ t ha}^{-1}$) presentaron los mayores rendimientos, sin diferencias significativas entre ellos. En contraste, los tratamientos T3 ($1,7 \pm 0,2 \text{ t ha}^{-1}$), T4 ($1,5 \pm 0,2 \text{ t ha}^{-1}$) y T1 ($1,0 \pm 0,2 \text{ t ha}^{-1}$) que registraron rendimientos significativamente muy inferiores, sin diferencias estadísticas entre sí. En conjunto, el tratamiento T5 con proteína hidrolizada evidenció el mayor incremento en el rendimiento de grano, mientras que el control T1 mostró el valor más bajo (Figura 8, Tabla S20-

S21). En términos de rendimiento de grano por hectárea, los tratamientos con proteína hidrolizada + agua y fosfato diamónico + agua presentaron los rendimientos más altos, lo cual es un reflejo directo de la reducción de la presión de la plaga en los cultivos. En contraste, el tratamiento de agua (testigo) mostró un rendimiento significativamente bajo, lo que destaca la relevancia del control de plagas para mantener la productividad agrícola (Cruz et al., 2011).

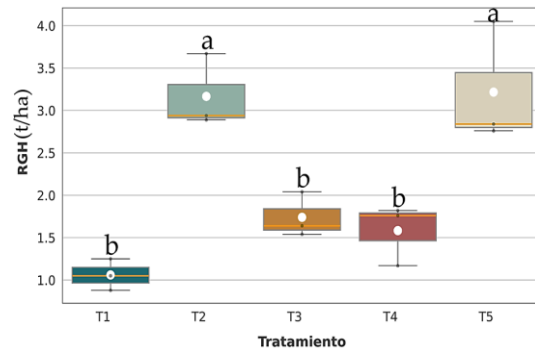


Figura 8. Distribución de RGH por tratamiento.

La presencia de daño en la mazorca mostro diferencias altamente significativas entre los tratamientos. En los diagramas de caja y el punto blanco la media. Las letras diferentes muestran diferencias significativas entre las medias (Tukey test; $p < 0,05$).

Estos resultados subrayan la importancia de integrar atrayentes como parte de un sistema de manejo integrado de plagas (MIP), lo cual puede resultar en beneficios económicos sustanciales para los agricultores, reduciendo la dependencia de insecticidas químicos y favoreciendo prácticas agrícolas más sostenibles (Campo et al., 2024).

4. Conclusiones

El atrayente a base de proteína hidrolizada podría incorporarse como componente clave en los programas de manejo integrado de plagas (MIP) del maíz en zonas altoandinas, debido a su efectividad sobre individuos adultos de ambos sexos. Este enfoque ofrece un triple beneficio: (i) reducción de las poblaciones de *Euxesta* spp., (ii) protección del cultivo frente al daño directo y (iii) incremento del rendimiento agrícola. El tratamiento T2 basado en fosfato diamónico, mostro una efectividad intermedia, sugiriendo ser una alternativa en sistemas de manejo de integrado de plagas. En contraste, los tratamientos T3, T4 y T1 mostraron una respuesta limitada. Estos hallazgos respaldan el uso de atrayentes ricos en compuestos nitrogenados volátiles como herra-

mientas clave dentro de estrategias de monitoreo y manejo integrado de plagas.

Asimismo, se comprobó la eficacia de los atra-yentes está modulada tanto por la composición del tratamiento como por el estado fenológico del cultivo, observándose respuestas sexualmente dimórficas entre sexos a lo largo del ciclo reproductivo del hospedero. El análisis de la dinámica de capturas a lo largo de las etapas fenológicas sugiere que la máxima eficacia en el control y monitoreo de poblaciones adultas se logra cuando las trampas se instalan al inicio del estadio R1, permitiendo un seguimiento efectivo desde la etapa de ampolla (R2) hasta la madurez fisiológica (R6). Este hallazgo destaca la importancia de sincronizar las estrategias de monitoreo con el desarrollo fenológico del cultivo para maximizar la eficacia del control. Además, la reducción en el número de larvas y el aumento en el rendimiento de grano evidencian que un manejo efectivo de la plaga no solo mejora la salud del cultivo, sino que también incrementa la rentabilidad de los sistemas productivos. Estos resultados pueden servir como base para el diseño de futuras estrategias de control en cultivos de maíz, particularmente en zonas altoandinas.

Futuras investigaciones podrían evaluar la eficacia multitemporal y multiespacial de estos atra-yentes, incorporando variables como volatilidad química, fenológicas y persistencia en campo bajo escenarios de cambio climático. Finalmente, se recomienda priorizar el uso de proteína hidrolizada en áreas con altas tasas de infestaciones, mientras que el fosfato diamónico podría emplearse en zonas con una presión moderada de *Euxesta*.

Contribución de los autores

W. Vásquez y F. Velasques realizaron los ensayos experimentales, Metodología y el análisis estadístico D. Huaman; W. Vásquez supervisó la Investigación; L. Díaz Morales gestionó y administró el proyecto; D. Matsusaka y W. Vásquez interpretaron los datos y escribieron el artículo inicial; D. Matsusaka realizó la revisión y Edición final. Todos los autores leyeron y aprobaron la versión final del manuscrito.

Conflicto de interés

Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento al Proyecto de Semillas del Instituto Nacional de Innovación Agraria y

al director de la EEA Chumbibamba por su participación esencial en el desarrollo de esta investigación, cuya colaboración ha sido decisiva para el progreso y consolidación de los procesos investigativos.

Referencias bibliográficas

- Abraham, S., Moyano, A., Díaz, V., Murúa, M. G., & Rull, J. (2023). Female control of sperm ejection and retention in the cornsilk fly *Euxesta eluta* (Diptera: Ulidiidae). *Insect Science*, 30(4), 1183-1190. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.13144>
- Allan, S. A. (2024). Color, pattern, and background contrast affect attraction of *Euxesta eluta* and *Chaetopsis massyla* (Diptera: Ulidiidae). *Environmental Entomology*, 53(1), 67-76. <https://doi.org/10.1093/ee/nvad120>
- Allan, S. A. (2023). Substrate and Moisture Affect the Pupation Depth of the Corn Silk Flies *Chaetopsis massyla* and *Euxesta eluta* (Diptera: Ulidiidae). *Insects*, 14(11), 838. <https://doi.org/10.3390/insects14110838>
- Allan, S. A., Geden, C. J., & Sobel, J. L. (2022). Laboratory Evaluation of Pupal Parasitoids for Control of the Cornsilk Fly Species, *Chaetopsis massyla* and *Euxesta eluta*. *Insects*, 13(11), 990. <https://doi.org/10.3390/insects13110990>
- Amancio, M., & Cruz, I. (2020). Population dynamics of *Euxesta* spp. (Diptera: Otitidae) in maize (*Zea mays* L.), wheat (*Triticum aestivum* L.) and polyculture. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 18(3), 311-321. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/RBMS.V18N3P311-321>
- Arámbula, C. F., Zegbe, R. M., Rivas, M. C., García, H. D., & Cabello, R. E. (2023). Obtención y caracterización de un hidrolizado de proteína de *Vigna radiata* L. (frijol mungo) con potencial Bioestimulante. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología De Alimentos*, 8(1), 170-179. <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.25>
- Barraza, E., Villarreal, F., & Sanchez, A. (2018). Incidence of the cornsilkfly, in different corn producing areas of the republic of Panama. *Scientia*, 29, 1-18.
- Barrea, Y. R., Triana, N. D. C. B., Pardo, N. L. C., Rivera, A. S. C., Aranzazu, C. M. H., & Cardona, A. M. A. (2024). Manejo de mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*) en durazno: tipificación de productores del nororiente colombiano. *Ciencia y Agricultura*, 21(1), 17051. <https://doi.org/10.19053/01228420.v21.n1.2024.17051>
- Bertolaccini, I., Curis, M. C., Lute, A., Favaro, J. C., Bolland, L., & Gallardo, F. (2018). Efecto de *Euxestophaga argentinensis* (Hymenoptera, Figitidae) sobre larvas de la mosca de la mazorca *Euxesta* sp. en dos fechas de siembra de maíz dulce. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 34(3), 185-190. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902018005000501>
- Camacho, B. J. G. O., Nava, P. E., Valenzuela, H. J., & González, G. U. (2012). Enemigos naturales de las moscas de los estigmas del maíz: *Euxesta stigmatias* (Loew), *Chaetopsis massyla* (Walker) y *Eumecosomesmyia nubila* (Wiedemann) en Guasave Sinaloa, México. *Ra Ximhai*, 8(3b), 71-77. <https://doi.org/10.35197/rx.08.03.e2.2012.07.jc>
- Campo, V. S., Peña, R. A., & Zapata, A. R. (2024). La investigación fisiotécnica en maíz de temporal en Aguascalientes. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 14, 229. <https://doi.org/10.35196/rfm.1991.2.229>
- Castillo, G., Palladini, A., Giudice, A., Socías, M., Díaz, V., Moyano, A., & Abraham, S. (2025). Identification of visual and olfactory stimuli for cornsilk flies (*Euxesta* spp) management. *Pest Management Science*, 2-9. <https://doi.org/10.1002/ps.8752>
- Cruz, I., Braga de Silva, R., Correa, F. M., Penteado, D. A., Del Santo, L. C., & Stephen, N. G. (2019). Survey of ear flies (Diptera, Ulidiidae) in maize (*Zea mays* L.) and a new record of *Euxesta mazorca* Steyskal in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 55(1): 102-108. <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00733-1>
- Cruz, I., Silva, R., Figueiredo, M., Penteado, D. A., Sarto, M., & Nuessly, G. (2011). Survey of ear flies (Diptera, Ulidiidae) in maize (*Zea mays* L.) and a new record of *Euxesta mazorca* Steyskal in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 55. 102-108. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262011000100016>

- Cuarán, G. M. (2013). Diseño de un proceso tecnológico para la industrialización de mote de maíz (*Zea mays*, variedad blanco Urubamba) [Tesis de licenciatura, Universidad de Concepción].
- Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., & Prasanna, B. (2022). Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food Security*, 14(5), 1295–1319. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>
- Gamarra, G., Cerrón, R., Yachachi, Y., Azabache, A., Panizo, R., & Chanca, A. (2020). Comportamiento de las poblaciones de maíz harinoso variedad Blanco del Cusco en el valle del Mantaro, Perú. *Agroindustrial Science*, 10(3), 279-286. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.03.09>
- García, M. P., Pérez, A. I., Prieto, R. G., Medina, C. D., Manayay, S. D., Marín, R. C., & Taramona, R. L. (2023). Genetic diversity and productive potential of starchy corn varieties evaluated in Peruvian highland environments. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 23(2), 168-176. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2023.10.007>
- Gerson, A. S., Izailda, B. S., Silvério, O. C., Tarcisio, V. S., Sangela, G. F., Julio, C. M., Coutinho, M. (2018). Spatial distribution and losses by grain destroying insect trasgenic corn expressing the toxin *Cry1Ab*. 4. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201201>
- Goyal, G., Nuessly, G., Seal, D., Steck, G., Capinera, J., & Meagher, R. (2012). Examination of the Pest Status of Corn-Infesting Uliidiidae (Diptera). *Environmental entomology*, 41, 1131-8. <https://doi.org/10.1603/EN11265>
- Hernandez, M., Ulloa, C. P., & Trochez, A. (1985). Evaluation of hydrolyzed corn protein for capture of *Lonchaea cristula* (Diptera: Lonchaeidae) pest of passion fruit in the Cauca valley. *Revista Colombiana de Entomología*, 11, 47-50. <https://doi.org/10.25100/socolen.v11i2.10265>
- Lemić, D., Mandić, J., Čačija, M., Drmić, Z., Mrganić, M., Čavlovićak, S., & Virić Gašparić, H. (2019). European corn borer and its parasites overwintering abundance and damages on different corn FAO maturity groups. *Journal of Central European Agriculture*, 20(1), 447-460. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/20.1.2052>
- Limascca, Q., & Almeida, M. (2021). Comparativo de rendimiento de dos variedades de maíz amiláceo en dos épocas de siembra bajo condiciones de variables climáticas en Paucarpata, Quispicanchi, Cusco [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco].
- Longoria, R. M., Félix-Gastélum, R., & Zamudio-Aguilasocho, G. M. (2024). *Revista Terra Latinoamericana*, 42. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i.1918>
- Lopes, S., & Cruz, I. (2020). Management of *Euxesta* spp. in sweet corn with McPhail traps. *Neotropical entomology*, 49(1), 139-146. <https://doi.org/10.1007/S13744-019-00733-1>
- Lozano, R., Santacruz, V., San-Vicente, G., Crossa, J., Burgueño, J., & Molina, G. D. (2015). Modelación de la interacción genotipo x ambiente en rendimiento de híbridos de maíz blanco en ambientes múltiples. *Revista fitotecnica mexicana*, 38(4), 337-. <https://doi.org/10.35196/rfm.2015.4.337>
- Metwally, M. (2018). Enhancing the attraction efficiency of GF-120 for the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wied.) by adding some ammonium compounds. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 9(2), 51-56. <https://doi.org/10.21608/JPPP.2018.41247>
- Muñoz, M. O., Alcántara, L. M., Andrade, S. A., Cocotle, R. Y., & Martínez Cruz (2022). Efecto de la adición de diversas fuentes de nitrógeno orgánico en el proceso de fermentación alcohólica de melaza de caña de azúcar. *Congreso Internacional de Investigacion Academia Journals*, 14(7), 312–317.
- Nuessly, G. S., Scully, B. T., Hentz, M. G., Beiriger, R., Snook, M. E., & Widstrom, N. W. (2007). Resistance to Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) and Euxesta stigmatias (Diptera: Ulidiidae) in sweet corn derived from exogenous and endogenous genetic systems. *Journal of economic entomology*, 100(6), 1887-1895. <https://doi.org/10.1093/jeel/100.6>
- Quevedo, W. S. (2013). *Manual técnico Blanco Urubamba (Blanco Gigante Cusco)*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú (MIDAGRI).
- Segovia, H. J., Valentin, L., Herrera, C. O., Pari, J., Loyola, G. E., Almeida, G. J., & Mahmud, S. (2022). Chemical Characterization, Antioxidant, and Antihyperglycemic Capacity of Ferulated Arabinoxylan Extracted from "Chicha de Jora" Bagasse: An Ancestral Fermented Beverage from *Zea mays* L.. *Journal of Food Quality*, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2022/4015886>
- Sinche, S. M., Jácome, R., C. G., Castillo, D. J., Constante, P. M., & Castro, V. C. (2022). Baits for *Anastrepha fraterculus* with hydrolyzed Protein from agroindustrial by-products pretreated with Gamma Radiation. *La Granja*, 37(1), 100-113. <https://doi.org/10.17163/lgr.n37.2023.08>
- Scully, B. T., Nuessly, G. S., & Beiriger, R. L. (2000). Resistance in maize to *Euxesta stigmatias* Loew (Diptera: Otitidae). *Journal of Entomological Science*, 35(4), 432-443.
- Steen, N. A., Rosvold, E. M., & Torske, M. O. (2025). Exploring longitudinal associations between farmer health and well-being and dairy herd subclinical mastitis prevalence and productivity: The HUNT Study, Norway. *Journal of Dairy Science*, 108(1), 868-884. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-24853>
- Velásquez, C. G., Pérez, M. C., & Vázquez, C. M. (2025). H-77: híbrido de maíz de grano blanco para Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 16, e3788. <https://doi.org/10.29312/remexca.v16i2.3788>
- Yang, B., Wu, S., & Yan, Z. (2022). Effects of Climate Change on Corn Yields: Spatiotemporal Evidence from Geographically and Temporally Weighted Regression Model. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(8), 433. <https://doi.org/10.3390/ijgi11080433>
- Zanzana, K., Dannon, E. A., Sinzogan, A. A., & Toffa, M. J. (2024). Fall armyworm management in a changing climate: an overview of climate-responsive integrated pest management (IPM) strategies for long-term control. *Egypt J Biol Pest Control*, 34, 54. <https://doi.org/10.1186/s41938-024-00814-3>

