

Impacto de los plaguicidas sobre la artropofauna asociada al cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en Cusco-Perú

MONTES, Alvaro F.¹; MINAYA, David²; IANNACONE, José^{1,2,3,*}

¹ Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur (UCSUR). Lima, Perú.

² Grupo de Investigación de Sostenibilidad Ambiental (GISA), Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA), Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Lima, Perú.

³ Grupo de Investigación "One Health", Laboratorio de Zoología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.

*E-mail: joseiannacone@gmail.com

Received 03 - IV - 2023 / Accepted 11 - XI - 2023 / Published 31 - XII - 2023

<https://doi.org/10.25085/rsea.820404>

Impact of pesticides on the arthropofauna associated with potato (*Solanum tuberosum*) cultivation in Cusco-Peru

ABSTRACT. The impact of several pesticides on the diversity of arthropofauna associated with commercial potato cultivation was evaluated in Mollepata, province of Anta in Cusco-Peru, to determine which trophic guilds (TG) are affected. The treatments were fipronil, propineb and conventional (rotation of several pesticides). Thirty-five pitfall traps were placed in each treatment with the purpose of collecting the arthropofauna in potatoes. Five applications of the corresponding treatment were carried out and a total of five check-ups were carried out with a frequency of fourteen days. The most abundant families were Hemiptera: Cicadellidae (19.82%), Coleoptera: Chrysomelidae (16.33%) and Diptera: Sciaridae (11.92%). Propineb was the treatment that presented, at the family level, the largest total number of individuals. For the entire study, at the level of TG, the decreasing sequence of the total number of families was: phytophagous with 30 families (32.97%); predators 23 families (26.37%); detritivores 20 families (21.98%); parasitoids 10 families (9.89%); pollinators six families (6.59%) and finally omnivorous with two families (2.20%). Propineb presented the highest values of the total number of individuals in phytophages and parasitoids. On the other hand, alpha diversity indices did not present differences between treatments for omnivores, detritivores, pollinators and predators. The beta diversity indices were variable, generally obtaining greater similarity between the fipronil and conventional treatment. The phytophagous and parasitoid TGs were those that presented the most differentiated values when evaluating the effect of pesticides on soil arthropofauna based on alpha diversity indices.

KEYWORDS. Arthropods. Diversity indices. Fipronil. Propineb.

RESUMEN. Se evaluó el impacto de varios plaguicidas sobre la diversidad de la artropofauna asociada al cultivo de papa comercial, en Mollepata, provincia de Anta en Cusco-Perú, para determinar que gremios tróficos (GT) de la artropofauna son afectados. Los tratamientos fueron fipronil, propineb y convencional (rotación de varios plaguicidas). Se dispusieron 35 trampas de caída en cada tratamiento con la finalidad de recolectar la artropofauna presente en el cultivo de papa. Fueron realizadas cinco aplicaciones del tratamiento correspondiente y se efectuó un total de cinco revisiones con una frecuencia de catorce días entre ellas. Las familias más abundantes fueron Hemiptera: Cicadellidae (19,82 %), Coleoptera: Chrysomelidae (16,33 %) y Diptera: Sciaridae (11,92 %). El propineb fue el tratamiento que presentó, a nivel de familia, el mayor número total de individuos. Para todo el estudio, a nivel de GT la secuencia decreciente del total de familias fue: fitófago con 30 familias (32,97 %); depredadores 23 familias (26,37 %); detritívoros 20 familias (21,98 %); parasitoides 10 familias (9,89 %); polinizadores seis familias (6,59 %) y omnívoro dos familias (2,20 %). El propineb presentó los valores del número total de individuos más altos en los fitófagos y los parasitoides. Por otro lado, los índices de diversidad alfa no presentaron diferencias entre tratamientos para los gremios omnívoros, detritívoros, polinizadores y depredadores. Los índices de diversidad beta fueron

variables, obteniendo en general una mayor similaridad entre el tratamiento de fipronil y el convencional. Los GT fitófagos y parasitoides fueron los que presentaron los valores más diferenciados al evaluar el efecto de los plaguicidas en la artropofauna del suelo con base a los índices de diversidad alfa.

PALABRAS CLAVE. Artrópodos. Índices de diversidad. Fipronil. Propineb.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa es el cuarto cultivo agrícola del mundo, después del trigo, maíz y arroz. Perú, es el primer productor de papa en América Latina, concentrándose un 90 % en la zona andina, y este cultivo se ha convertido en un notable impulsor de la economía regional y local (Arcos-Pineda et al., 2020). A pesar de su alto potencial de rendimiento en la región andina, su producción siempre se ve afectada por los factores bióticos (plagas y enfermedades), los cuales, ocasionan pérdidas en calidad y rendimiento del producto. Entre estas plagas, tenemos al gorgojo de los andes (*Premnotrypes* spp.) que causa daños considerables tanto en el follaje (insectos adultos), como en el tubérculo (larva), *Epitrix* (*Epitrix* spp.), Trips (*Frankliniella tuberossi* M.), Polilla (*Phthorimaea operculella* (Zeller)) y Mosca barrenadora (*Phytoliriomyza papae* Spencer), y finalmente enfermedades como la verruga (*Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Percival) y roña (*Spongospora subterranea* (Wallr.) Lagerh) (Arcos-Pineda et al., 2020; Alyokhin et al., 2022).

Para el control de las plagas y enfermedades en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) pueden emplearse varios plaguicidas como una mezcla o en rotación (Petrescu-Mag et al., 2019). Muchos de estos plaguicidas pueden afectar negativamente la salud del ambiente y al ser liberados pueden diseminarse en el suelo, el agua y el aire (Castillo et al., 2020), afectando de manera nociva a la biodiversidad en todos sus niveles (Van der Sluijs, 2020). A pesar de los daños y la contaminación que generan, es necesario aplicar estos plaguicidas para controlar las plagas y enfermedades que generan pérdidas de hasta un 70 % de la producción, y ponen en riesgo la seguridad alimentaria (Kroschel et al., 2012; Ortiz & Mares, 2017; MINAGRI, 2017).

Diversos insecticidas son utilizados en Perú en el cultivo de papa. El fipronil es un insecticida del grupo de los fenil pirazoles, que posee propiedades sistémicas, específicamente en los receptores nerviosos de los artrópodos (Holder et al., 2018). El propineb (polímero del zinc propileno-bis-ditiocarbamato) es otro plaguicida altamente recomendado, que pertenece al grupo de los ditiocarbamatos (Song et al., 2018) y es usado como fungicida en gran cantidad de cultivos (Rasgele, 2017). Por su calidad de insecticidas genéricos ambos presentan impactos negativos en organismos no blanco (Tingle et al., 2003; Holder et al., 2018; Gols et al., 2020). El tratamiento convencional que se aplica actualmente en Perú, posee una mezcla de plaguicidas en su composición, dos insecticidas, el fipronil y la zeta-

cipermetrina, y un fungicida cuyos ingredientes activos son metalaxil + mancozeb. La zeta-cipermetrina, es un insecticida no sistémico que actúa por contacto e ingestión en los insectos (Fernandes et al., 2019). El metalaxil es un fungicida sistémico que se transloca a toda la planta (Kubicki et al., 2019), y ha demostrado efecto negativo en los parasitoides (Alim & Lim, 2013). El mancozeb es un fungicida no sistémico, que tiene efectos negativos en organismos de suelo (Camargo et al., 2019).

Los plaguicidas pueden provocar un efecto tóxico en el ecosistema (Holder et al., 2018; Gols et al., 2020); sin embargo, poco se sabe de su impacto sobre la artropofauna asociada al cultivo de papa. La artropofauna de suelo como los ácaros, colémbolos, coleópteros, formícidos, entre otros, son buenos indicadores del estado de salud del ambiente (Gunstone et al., 2021), debido que son organismos altamente sensibles a las variaciones climáticas, cambios en la cobertura vegetal, elementos contaminantes o prácticas de manejo (Parmar et al., 2016; Asif et al., 2018; Garay et al., 2022). La artropofauna desempeña diversos roles en la naturaleza como fuente de energía en las redes tróficas, la polinización de las plantas, el reciclaje vegetal y animal, el control biológico de plagas, la formación y mezcla del suelo, y el mantenimiento de las comunidades de plantas (Chowdhury et al., 2017; Garay et al., 2022). A su vez, puede ser asignada a diversos Gremios Tróficos (GT), clasificándose como depredadores, detritívoros, fitófagos, omnívoros, parasitoides y polinizadores (Garay et al., 2022). Por lo tanto, el empleo de indicadores, como los índices alfa y beta, que analizan las variaciones en la diversidad de la artropofauna terrestre (abundancia, riqueza y similitud de especies) son de utilidad para determinar el impacto de los plaguicidas sobre un área determinada (Alarcon & Iannacone, 2014; Gunstone et al., 2021; Garay et al., 2022).

Dado que es escasa la bibliografía referida al efecto de los plaguicidas utilizados en el cultivo de papa en la localidad de Cusco, Perú, el objetivo de esta investigación fue comparar el efecto del fipronil, del propineb y del tratamiento convencional (mezcla de varios plaguicidas) entre sí en base a siete índices de diversidad alfa, que por sí solos tienen su interpretación, en un entorno agrícola real de papa de naturaleza comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento del experimento

La presente investigación se desarrolló entre junio y septiembre de 2021, en una parcela experimental ubicada

en el distrito de Mollepata (Zona 18 L con Meridiano central, 766873 E – 8507159 S), provincia de Anta, Cusco, Perú, localizada a una altitud de 2864 msnm, con temperatura media de 11,04 °C, precipitación diaria de 63,8 mm y humedad relativa de 70,6 % (Climate Data, 2021).

La parcela de 1125 m² (45 m x 25 m), fue dividida en 15 sub-parcelas de 25 m² (5 x 5 m) y separadas 5 m una de otra. En estas sub-parcelas se sembraron tubérculos de papa de la variedad Canchán, en tres surcos de 0,20 m de ancho separados por 1,5 m uno de otro, dejando a cada extremo un borde de 0,80 m a cada lado. En total se sembraron ocho tubérculos por surco y 24 por sub-parcela. La siembra fue manual. Al cultivo se le adicionó urea agrícola (CH₄N₂O) (133 Kg·ha⁻¹), y un fertilizante natural (guano), obtenido de aves marinas, a los 30 días de la siembra.

Aplicación de tratamientos

En cada una de las subparcelas se aplicó un plaguicida determinado al azar. Los plaguicidas evaluados (tratamientos) fueron: (1) fipronil (Regent, 200 g/L Concentrado soluble, Bayer®) con dosificación de 25 mL/20 L, (2) propineb (Antracol 70 %, 700 g/Kg Polvo mojable, Bayer®), con dosificación de 120 g/20 L, y (3) tratamiento convencional que consistió en zeta-cipermetrina (Furia, 100 g/L Concentrado emulsionable, Farmagro®) cuya dosificación fue de 20 ml/20 L, metalaxul + mancoceb (Ridomil 68 %, Polvo mojable, Farmagro®) cuya dosificación fue de 3 kg/ha, y fipronil (Regent, Concentrado soluble) cuya dosificación fue de 25 ml/20 L. La aplicación de los plaguicidas fipronil (1) y propineb (2) se realizó cada 14 días, a partir del estadio de brote lateral, siendo la primera a los 15 días de la siembra, logrando efectuar cinco aplicaciones en total. La aplicación del tratamiento convencional fue en un entorno agrícola real de papa de naturaleza comercial, siendo para la zeta-cipermetrina, a los 35 y 65 días, el metalaxul + mancoceb a los 28 y 55 días, y finalmente el fipronil a los 25 y 40 días, a partir del estadio de brote lateral. La dosificación de cada uno se realizó acorde a sus fichas técnicas.

Muestreo e identificación de artrópodos

Se instalaron siete trampas "Pitfall" por cada subparcela (n total=105), considerándose cada una, como una repetición, y separadas cada dos metros una de otra en los surcos del cultivo (Hohbein & Conway, 2018). Las trampas consistieron en recipientes de plástico de 11 cm de diámetro y 7,5 cm de alto, con un "sombbrero" para prevenir los efectos de la lluvia (Boetzi et al., 2018; Hohbein & Conway, 2018). Los recipientes se llenaron a ¾ de su capacidad con una solución de agua destilada y jabón neutro, y propilenglicol como preservante (Brown & Matthews, 2016), en proporción de 30:70:20 (Vélez-Azañero et al., 2016). Las trampas se instalaron una hora antes de la primera aplicación de los plaguicidas (Hohbein

& Conway, 2018), y se mantuvieron hasta una semana antes de la cosecha. El contenido de cada trampa fue colectado cada 14 días desde la aparición del brote lateral e inmediatamente se renovaba con solución limpia. Las muestras recolectadas en cada fecha de revisión, se colocaron individualmente en alcohol etílico al 70 % (Alarcon & Iannaccone, 2014).

La identificación de los artrópodos se realizó con el apoyo de especialistas en taxonomía del Museo de Historia Natural del Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA), Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Los códigos de depósito en la colección entomológica fueron Ent005006 a Ent005096, cada número de depósito agrupa al número total de individuos recolectados por cada familia.

Con la finalidad de identificar la artropofauna a nivel de familia, esta se clasificó en seis GT: depredadores, detritívoros, fitófagos, omnívoros, parasitoides y polinizadores, según el rol trófico dominante de cada familia (Triplehorn & Johnson, 2005; Brown et al., 2009, 2010; Garay et al., 2022).

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó un Diseño en Bloque Completamente Aleatorio (DBCA), con tres tratamientos y cinco réplicas. El diseño experimental empleado siguió lo propuesto por Krauss et al. (2011), Sattler et al. (2020) y Garay et al. (2022), quienes no emplean un tratamiento control con ausencia de plaguicidas debido a que utilizaron siete índices de diversidad alfa que por sí solos tienen su interpretación. El experimento se limitó por razones éticas a la comparación entre plaguicidas (con ausencia de un tratamiento control) por autorización del agricultor dueño de la parcela en un entorno agrícola real de papa de naturaleza comercial.

Los índices de diversidad complementarios fueron evaluados y comparados a nivel de familia con los siguientes supuestos (MINAM, 2015; Alarcon et al., 2018; Garay et al., 2022):

Índices Alfa:

Riqueza (S) de familia: Una mayor toxicidad cuando disminuye el número total de familias agrupadas por GT.

Número total de individuos (N): Una mayor toxicidad cuando disminuye la cantidad total de individuos de familias agrupadas por GT.

Margalef (D_{MG}): Una mayor toxicidad cuando disminuye el índice de familias agrupadas por GT.

Shannon-Wiener (H'): Hay mayor toxicidad cuando disminuye el índice de familias agrupadas por GT.

Pielou (J'): La toxicidad es mayor cuando disminuye el índice de familias agrupadas por GT.

Simpson (λ): Es mayor la toxicidad cuando aumenta numéricamente este índice de familias agrupadas por GT.

Chao 1: La toxicidad es mayor cuando disminuye numéricamente este índice.

Índices Beta:

Se empleó el método de grupo de pares no ponderados con media aritmética, denominado UPGMA.

Índice cualitativo de Jaccard (I_j): Está basado en la presencia-ausencia, y expresa el grado de semejanza entre las familias presente en dos tratamientos evaluados.

Índice Cuantitativo de Morisita-Horn (I_{MH}): Está basado en la abundancia, y expresa el grado de semejanza entre las familias presentes en dos tratamientos evaluados.

A su vez, las familias identificadas fueron ordenadas por GT y por cada una de las cinco revisiones quincenales. Los índices de diversidad fueron calculados con el programa PAST 4.03.

Las cinco revisiones realizadas de las trampas Pitfall, así como las revisiones a nivel individual realizadas cada 14 días, se analizaron con una prueba paramétrica de ANOVA de medidas repetidas mediante el estadístico de Fisher, y posterior comparación múltiple de Tukey. Pruebas no paramétricas, de Friedman (χ^2), y de Kruskal-Wallis, fueron utilizadas con los datos que no cumplían con los supuestos de normalidad o homogeneidad de varianzas.

RESULTADOS

En las cinco recolectas de artrópodos, se registraron 4.555 individuos, agrupados en 14 órdenes y 91 familias (Tabla I). Los órdenes de insectos que mostraron mayor abundancia fueron: Diptera, Coleoptera y Hemiptera. Respecto al número de familias dentro de cada orden, destacan Diptera, Coleoptera, Hemiptera e Hymenoptera. Del total de individuos, las tres familias con mayor abundancia fueron Cicadellidae (19,82 %), Chrysomelidae (16,33 %) y Sciaridae (11,92 %). En aquellas parcelas donde se aplicó propineb, la abundancia de individuos recolectados fue del 45,82 %, seguido por las parcelas con fipronil (27,44 %) y finalmente aquellas con el tratamiento convencional (26,74 %). De igual manera, las parcelas donde se aplicó propineb destacan con 78,02 % de las familias recolectadas (Tabla I).

La artropofauna recolectada bajo el efecto del propineb presentó una mayor cantidad de individuos ($417,40 \pm 128,97$) respecto a los otros dos tratamientos (fipronil, $250 \pm 81,63$ y Convencional, $243,60 \pm 103,33$) ($F=11,38$, $p\text{-valor}=0,01$ Tabla II). Para los otros seis índices de diversidad alfa restantes, no se encontraron diferencias bajo el efecto de estos tres plaguicidas (Tabla II). Respecto a los índices de diversidad beta, en el I_j , el propineb y el tratamiento convencional presentaron una

mayor similitud; mientras que, para el I_{MH} , el fipronil y el tratamiento convencional presentaron una mayor similitud (Fig. 1).

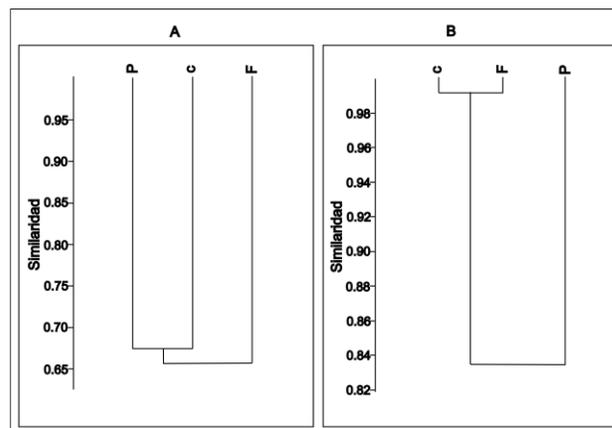


Fig. 1. Índices de similitud beta de recolecta de la artropofauna en el cultivo de papa en Mollepatá, Cusco, Perú. a. Jaccard (I_j). b. Morisita-Horn (I_{MH}); bajo el efecto de fipronil (F), propineb (P) y tratamiento convencional (C).

Solamente en la tercera recolecta, el tratamiento convencional presentó valores más altos para J' ($0,92 \pm 0,01$), en comparación del fipronil ($0,85 \pm 0,05$) y propineb ($0,86 \pm 0,04$) ($F=3,62$, $p\text{-valor}=0,05$). Los otros índices de diversidad alfa restantes no registraron diferencias entre sus tratamientos (Tabla III).

Para todo lado en el estudio a nivel GT se observó la siguiente secuencia decreciente del total de familias: fitófago > depredador > detritívoro > parasitoide > polinizador > omnívoro. Para el número de individuos por GT, el orden decreciente fue: fitófago > detritívoro > depredador > polinizador > omnívoro > parasitoide (Tabla I).

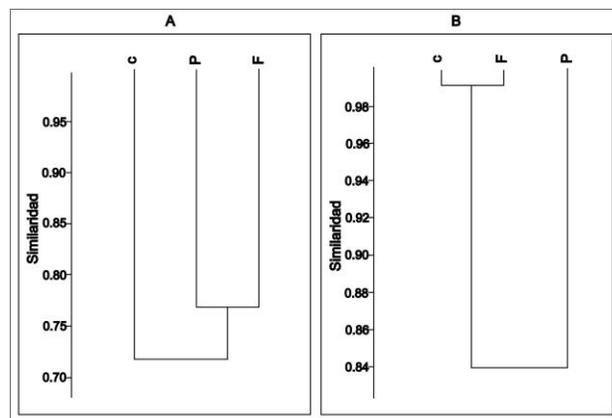


Fig. 2. Índices de similitud beta del gremio fitófago de la recolecta de la artropofauna en el cultivo de papa en Mollepatá, Cusco, Perú. a. Jaccard (I_j). b. Morisita-Horn (I_{MH}); bajo el efecto de fipronil (F), propineb (P) y tratamiento convencional (C).

En las parcelas con propineb, solo los GT fitófago (χ^2 de Friedman= 7,6, $p\text{-valor}=0,02$) y parasitoide ($F=5,81$, $p\text{-valor}=0,02$) evidenciaron valores más altos en el número de individuos (Tablas IV y V). Los GT depredador,

detritívoro, omnívoro, y polinizador no mostraron diferencias entre los tratamientos para los siete índices de diversidad alfa. En el caso del GT fitófago, se observa en el \hat{I}_j que el propineb y el fipronil fueron similares, mientras que en el \hat{I}_{MH} del tratamiento convencional y el tratamiento de fipronil presentaron una mayor similitud (Fig. 2). Para el GT parasitoide, los índices \hat{I}_j y \hat{I}_{MH} , en el convencional y propineb presentaron mayor similitud (Fig. 3).

Para el GT fitófago, de las cinco recolectas de artopofauna, se registró que en la primera revisión fue menor el valor de J' del propineb ($0,68 \pm 0,06$) ($F = 6,5$, p -valor = $0,01$). En los otros índices evaluados para el GT fitófago, en la primera revisión no hubo diferencias significativas (Tabla VI).

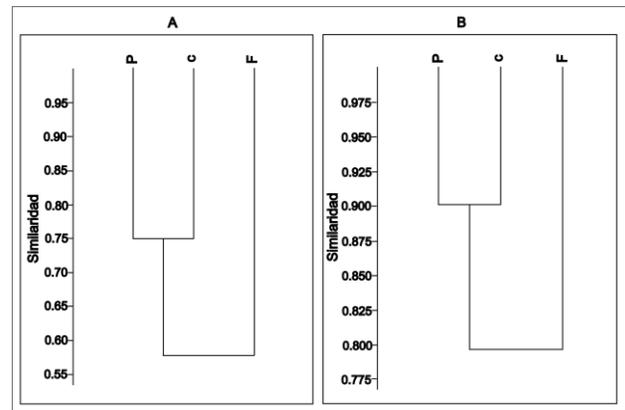


Fig. 3. Índices de similitud beta del gremio parasitoide de la recolecta de la artopofauna en el cultivo de papa en Mollepatha, Cusco, Perú. a. Jaccard (\hat{I}_j). b. Morisita-Horn (\hat{I}_{MH}); bajo el efecto de fipronil (F), propineb (P) y tratamiento convencional (C).

Tabla I. Número de individuos de la artopofauna clasificados por gremio (GT), orden y familia en el cultivo de papa en Mollepatha, Cusco, Perú según el tratamiento aplicado (fipronil, propineb y tratamiento convencional).

Gremios	Orden	Familia	Fipronil	Propineb	Convencional	Total individuos
Depredador	Araneae	Ctenidae	4	14	11	29
Depredador	Araneae	Gnaphosidae	2	4	2	8
Depredador	Araneae	Linyphiidae	43	45	43	131
Depredador	Araneae	Lycosidae	3	0	2	5
Depredador	Coleoptera	Carabidae	45	27	37	109
Depredador	Coleoptera	Coccinellidae	4	24	5	33
Depredador	Coleoptera	Melyridae	0	1	8	9
Depredador	Coleoptera	Staphylinidae	32	41	34	107
Depredador	Dermaptera	No identificada	1	0	0	1
Depredador	Diptera	Ceratopogonidae	0	0	1	1
Depredador	Diptera	Dolichopodidae	6	7	3	16
Depredador	Diptera	Empididae	0	1	0	1
Depredador	Diptera	Hybotidae	3	4	3	10
Depredador	Diptera	Scatophagidae	1	0	0	1
Depredador	Diptera	Tachinidae	19	27	15	61
Depredador	Hemiptera	Anthocoridae	0	2	2	4
Depredador	Hemiptera	Enicocephalidae	0	0	2	2
Depredador	Hemiptera	Miridae	11	39	10	60
Depredador	Hemiptera	Nabidae	1	2	0	3
Depredador	Hymenoptera	Pompilidae	3	2	2	7
Depredador	Hymenoptera	No identificada	0	0	1	1
Depredador	Neuroptera	Chrysopidae	0	1	12	13
Depredador	Neuroptera	Hemerobiidae	4	6	1	11
Depredador	Trichoptera	No identificada	1	1	1	3
Detritívoro	Blattodea	Blaberidae	2	0	1	3
Detritívoro	Colembola	Entomobryidae	26	36	13	75
Detritívoro	Colembola	Katiannidae	0	1	0	1
Detritívoro	Coleoptera	Nitidulidae	0	1	1	2
Detritívoro	Diptera	Anthomyiidae	31	16	25	72
Detritívoro	Diptera	Calliphoridae	0	2	0	2
Detritívoro	Diptera	Drosophilidae	2	6	3	11
Detritívoro	Diptera	Keroplastidae	4	0	0	4
Detritívoro	Diptera	Muscidae	10	15	9	34
Detritívoro	Diptera	Mycetophilidae	4	0	4	8
Detritívoro	Diptera	Phoridae	89	162	90	341
Detritívoro	Diptera	Sarcophagidae	22	23	16	61
Detritívoro	Diptera	Scatopsidae	1	1	0	2
Detritívoro	Diptera	Sciaridae	192	167	184	543

Gremios	Orden	Familia	Fipronil	Propineb	Convencional	Total individuos
Detritivoro	Diptera	Sepsidae	1	0	0	1
Detritivoro	Diptera	Sphaeroceridae	9	34	11	54
Detritivoro	Diptera	Stratiomyidae	0	1	2	3
Detritivoro	Diptera	Tanypezidae	1	0	0	1
Detritivoro	Psocoptera	Caeciliusidae	1	4	2	7
Detritivoro	Psocoptera	Peripsocidae	1	2	0	3
Fitófago	Coleoptera	Cerambycidae	0	1	0	1
Fitófago	Coleoptera	Chrysomelidae	133	506	105	744
Fitófago	Coleoptera	Curculionidae	3	3	4	10
Fitófago	Coleoptera	Scarabaeidae	8	4	3	15
Fitófago	Coleoptera	Silvanidae	2	2	3	7
Fitófago	Coleoptera	Tenebrionidae	32	111	16	159
Fitófago	Diptera	Agromyzidae	3	3	2	8
Fitófago	Diptera	Cecidomyiidae	8	7	4	19
Fitófago	Diptera	Chloropidae	3	35	11	49
Fitófago	Diptera	Tephritidae	1	0	6	7
Fitófago	Diptera	Tipulidae	3	4	3	10
Fitófago	Hemiptera	Aphididae	61	101	60	222
Fitófago	Hemiptera	Aradidae	2	1	1	4
Fitófago	Hemiptera	Cicadellidae	286	341	276	903
Fitófago	Hemiptera	Cixiidae	0	1	0	1
Fitófago	Hemiptera	Delphacidae	2	7	5	14
Fitófago	Hemiptera	Lygaeidae	5	3	20	28
Fitófago	Hemiptera	Membracidae	0	0	1	1
Fitófago	Hemiptera	Psyllidae	1	2	4	7
Fitófago	Lepidoptera	Crambidae	0	2	0	2
Fitófago	Lepidoptera	Gelechiidae	33	75	46	154
Fitófago	Lepidoptera	Gracillariidae	0	1	2	3
Fitófago	Lepidoptera	Noctuidae	6	13	18	37
Fitófago	Lepidoptera	Pterophoridae	0	1	0	1
Fitófago	Lepidoptera	Pyalidae	7	2	1	10
Fitófago	Lepidoptera	Tortricidae	0	0	1	1
Fitófago	Orthoptera	Acrididae	3	12	5	20
Fitófago	Orthoptera	Gryllidae	4	6	0	10
Fitófago	Orthoptera	Proscopidae	0	0	1	1
Fitófago	Thysanoptera	Thripidae	0	0	1	1
Omnívoro	Coleoptera	Latridiidae	0	1	0	1
Omnívoro	Hymenoptera	Formicidae	12	62	16	90
Parasitoide	Diptera	Pipunculidae	4	4	1	9
Parasitoide	Hymenoptera	Braconidae	2	13	3	18
Parasitoide	Hymenoptera	Ceraphronidae	1	0	0	1
Parasitoide	Hymenoptera	Diapriidae	1	1	0	2
Parasitoide	Hymenoptera	Encyrtidae	0	1	2	3
Parasitoide	Hymenoptera	Ichneumonidae	5	13	7	25
Parasitoide	Hymenoptera	Megaspilidae	0	1	0	1
Parasitoide	Hymenoptera	Proctotrupidae	1	2	1	4
Parasitoide	Hymenoptera	Pteromalidae	1	0	0	1
Polinizador	Coleoptera	Oedemeridae	24	11	23	58
Polinizador	Diptera	Bibionidae	7	10	4	21
Polinizador	Diptera	Chironomidae	1	2	0	3
Polinizador	Diptera	Culicidae	1	0	0	1
Polinizador	Diptera	Syrphidae	2	3	4	9
Polinizador	Hymenoptera	Apidae	3	0	2	5
Total de individuos			1250	2087	1218	4555
Número de familias			68	71	68	91

Tabla II. Índices de diversidad alfa de la recolecta de la artropofauna en el cultivo de papa en Mollepata, Cusco, Perú según el tratamiento aplicado (fipronil, propineb y convencional).

Tratamiento	Riqueza específica	Número de individuos	Margalef	Shannon-Wiener	Pielou	Dominancia de Simpson	Chao 1
Fipronil	33,60±6,80a	250±81,63a	5,91±0,89a	2,63±0,08a	0,75±0,03a	0,12±0,00a	45,83±10,06a
Propineb	37,00±5,78a	417,40±128,97b	5,98±0,71a	2,64±0,23a	0,73±0,06a	0,12±0,02a	43,22±6,63a
Convencional	34,40±7,60a	243,60±103,35a	6,12±1,03a	2,70±0,21a	0,77±0,07a	0,11±0,03a	48,06±15,90a
F	0,98	11,38	0,15		0,68	0,28	0,37
p-valor	0,41	0,00	0,86		0,53	0,76	0,69
Chi2 de Friedman				0,40			
p-valor				0,95			

Promedio ± desviación estándar, F= Estadístico de Fisher de ANOVA, Chi2= Estadístico de Kruskal-Wallis. Valor en negrita señala diferencias significativas entre tratamientos. Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey.

Tabla III. Índices de diversidad alfa de la tercera evaluación de la recolecta de la artropofauna en el cultivo de papa en Mollepata, Cusco, Perú bajo según el tratamiento aplicado (fipronil, propineb y convencional).

Tratamiento	Riqueza específica	Número de individuos	Margalef	Shannon-Wiener	Pielou	Dominancia de Simpson	Chao 1
Fipronil	12,40±5,07a	41,40±22,32a	3,11±0,82a	2,07±0,40a	0,85±0,05a	0,18±0,06a	16,90±6,02a
Propineb	16,20±3,42a	51,40±24,96a	3,93±0,54a	2,38±0,14a	0,86±0,04a	0,12±0,01a	33,37±27,26a
Convencional	13,20±1,64a	25,20±8,78a	3,83±0,26a	2,37±0,11a	0,92±0,01b	0,11±0,01a	27,33±16,63a
F	1,49	2,18	2,91		3,62		
p-valor	0,26	0,15	0,09		0,05		
Kruskal-Wallis				3,42		3,78	2,24
p-valor				0,18		0,15	0,32

Promedio ± desviación estándar, F= Estadístico de Fisher de ANOVA, Chi2= Estadístico de Kruskal-Wallis. Valor en negrita señala diferencias significativas entre tratamientos. Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey.

Tabla IV. Índices de diversidad alfa del gremio fitófago de la recolecta de la artropofauna en el cultivo de papa en Mollepata, Cusco, Perú según el tratamiento aplicado (fipronil, propineb y convencional).

Tratamiento	Riqueza específica	Número de individuos	Margalef	Shannon-Wiener	Pielou	Dominancia de Simpson	Chao 1
Fipronil	11,40±2,40a	121,20±31,96a	0,64±0,05a	1,56±0,22a	0,64±0,05a	0,31±0,06a	14,70±4,43a
Propineb	12,40±3,20a	248,80±91,40b	0,63±0,06a	1,58±0,20a	0,63±0,06a	0,28±0,07a	13,52±3,90a
Convencional	12,60±4,39a	119,80±49,20a	0,65±0,11a	1,61±1,74a	0,65±0,11a	0,30±0,11a	16,10±6,19a
F	0,45		0,04	0,05	0,04	0,12	0,56
p-valor	0,65		0,96	0,94	0,96	0,88	0,59
Kruskal-Wallis		7,6					
p-valor		0,02					

Promedio ± desviación estándar, F= Estadístico de Fisher de ANOVA, Chi2= Estadístico de Kruskal-Wallis. Valor en negrita señala diferencias significativas entre tratamientos. Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey.

Tabla V. Índices de diversidad alfa del gremio parasitoide de la recolecta de la artropofauna en el cultivo de papa en Mollepata, Cusco, Perú según el tratamiento aplicado (fipronil, propineb y convencional).

Tratamiento	Riqueza específica	Número de individuos	Margalef	Shannon-Wiener	Pielou	Dominancia de Simpson	Chao 1
Fipronil	2,60±2,40a	3,60±2,50a	1,07±1,18a	0,73±0,78a	0,56±0,51a	0,41±0,38a	6,20±8,70a
Propineb	3,60±0,89a	7,40±2,50b	1,33±0,39a	1,12±0,18a	0,89±0,04a	0,36±0,05a	5,20±3,34a
Convencional	2,20±2,04a	3,20±3,03a	0,99±0,97a	0,72±0,67a	0,56±0,51a	0,19±0,18a	4±4,41a
F		5,81	0,21				
p-valor		0,02	0,81				
Kruskal-Wallis	1,20			1,36	1,11	1,20	0,10
p-valor	0,69			0,61	0,61	0,69	0,98

Promedio ± desviación estándar, F= Estadístico de Fisher de ANOVA, Chi2= Estadístico de Kruskal-Wallis. Valor en negrita señala diferencias significativas entre tratamientos. Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey.

Tabla VI. Índices de diversidad alfa del gremio fitófago de la artropofauna en el cultivo de papa en Mollepata, Cusco, Perú según el tratamiento aplicado (fipronil, propineb y convencional) en la primera recolecta.

Tratamiento	Riqueza específica	Número de individuos	Margalef	Shannon-Wiener	Pielou	Dominancia de Simpson	Chao 1
Fipronil	6,80±2,48a	25±16,98a	2±0,62a	1,56±0,29a	0,83±0,09a	0,26±0,08a	9,50±0,38a
Propineb	7,20±4,08a	66,80±53,65a	1,51±0,75a	1,24±0,49a	0,68±0,06b	0,39±0,18a	9,30±6,65a
Convencional	7,40±3,13a	28,60±19,21a	2,13±0,87a	1,64±0,36a	0,86±0,09a	0,23±0,06a	13,90±10,37a
F	0,04		0,93	1,45	6,5		
p-valor	0,95		0,42	0,27	0,01		
Kruskal-Wallis		2,28				2,34	0,61
p-valor		0,31				0,31	0,73

Promedio ± desviación estándar, F= Estadístico de Fisher de ANOVA, Chi2= Estadístico de Kruskal-Wallis. Valor en negrita señala diferencias significativas entre tratamientos. Letras minúsculas diferentes en una misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey.

DISCUSIÓN

Bibliografía previa sugiere que el efecto del propineb sobre los artrópodos es leve dado que es un fungicida (Toledo, 2021). Sin embargo, se ha demostrado su impacto negativo sobre organismos no objetivos de suelo, las abejas y otros polinizadores (EFSA, 2016, 2020), así como sobre *Phaedon cochleariae* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae) (Cherry et al., 1992). Estos últimos resultados no concuerdan con lo obtenido en el presente estudio donde se observó que el tratamiento con mayor abundancia de individuos y un menor efecto negativo fue el propineb, mostrando un 45,82 % del total de individuos.

El fipronil, se ubicó segundo en abundancia de individuos (27,44 %), por debajo del propineb. Es posible que, esto se deba a que, es un insecticida reportado con efectos nocivos en la artropofauna (Sakamoto et al., 2019), siendo el principal sospechoso de la declinación histórica de las abejas en Francia (Holder et al., 2018). Al aplicar fipronil en Australia, se redujo en 70 % la abundancia de coleópteros en trampas Pitfall, y ocasionó una disminución del 90 % en la abundancia de himenópteros en trampas Malaise (Walker et al., 2016). En Japón, disminuyó la artropofauna no objetivo bajo el efecto del fipronil (Sakamoto et al., 2019). Este insecticida puede ocasionar efectos adversos en organismos de suelo no objetivo como Arácnidos, Hymenoptera, Hemiptera, Collembola y Diptera (Asad et al., 2020). No obstante, también otros investigadores han encontrado que, la diversidad de la artropofauna de suelo fue similar en un agroecosistema con fipronil *versus* otro sin insecticidas (Prabowo et al., 2023).

Las familias Cicadellidae, Chrysomelidae y Sciaridae presentaron la mayor abundancia de individuos de la artropofauna en el cultivo de papa bajo la presencia de los plaguicidas propineb, fipronil y el tratamiento convencional. La familia más abundante en este estudio fue Cicadellidae (19,82 %), la cual pertenece al GT de los herbívoros, y posee varias especies plagas de importancia en el cultivo de la papa (Costa & Lozada, 2010; Silva et al., 2019; Santos et al., 2020; Pérez et al.,

2021). Al contrastar, lo que señala la literatura científica para Cicadellidae, se ha encontrado una alta mortalidad por efecto de diversos plaguicidas (Patel, 2022; Jawad & Nawar, 2023; Reiff et al., 2023), y una alta sensibilidad a la perturbación del suelo (Silva et al., 2019; Keil & Lozada, 2021). Opuestamente en este estudio la abundancia de Cicadellidae incrementó bajo la presencia del propineb, el cual fue 1,20 veces mayor que en el fipronil y 1,23 veces mayor que en el tratamiento convencional.

Por otro lado, la segunda familia con mayor abundancia fue Chrysomelidae (16,33 %), una de las más abundantes con varias especies plagas en el cultivo de papa (Kroschel et al., 2012; Juarez, 2016; EFSA, 2020; Huamanrayme et al., 2020). A pesar de que en el presente estudio la familia Chrysomelidae fue abundante por efecto de los plaguicidas propineb, fipronil y el tratamiento convencional, la bibliografía muestra efectos negativos en esta familia en base a la mortalidad y subletalidad por la aplicación de plaguicidas (Ghannem et al., 2017; Mahmoudi, 2022).

Finalmente, la tercera familia con mayor abundancia fue Sciaridae (11,92 %). En contraste en la bibliografía, se ha observado en esta familia efectos negativos en la mortalidad y en disminución en la abundancia por los insecticidas acetamiprid y novaluron (Fonseca-Duarte et al., 2022). Esta familia se suele alimentar de materia orgánica del suelo (Carvalho-Fernandes, 2016), y si bien no se ha registrado previamente la presencia de esta familia en el cultivo de la papa, es posible que la abundancia de la misma en el área de estudio se deba a que la parcela se encontró ubicada junto a una zona pantanosa y a que se utilizó un fertilizante natural de aves marinas (Carvalho-Fernandes, 2016).

Por otro lado, cuando observamos a nivel de GT, los fitófagos y los parasitoides fueron los que presentaron una mayor abundancia de individuos en las parcelas donde se aplicó el tratamiento de fipronil y el convencional. Respecto a la cantidad de individuos, el propineb fue el que obtuvo los valores más altos, esto podría ser debido a que es un fungicida de contacto, y no se transloca a la

planta afectando en menor medida a los fitófagos, por lo que este GT podría no verse afectado (CDC, 2017). El tratamiento convencional obtuvo los menores valores para este GT. Estos resultados sugieren que en la composición del tratamiento convencional encontramos al insecticida zeta-cipermetrina, el cuales se translocan a los tejidos de la planta y terminan siendo tóxico para los fitófagos (Kubicki et al., 2019). En el análisis del GT parasitoide, el propineb obtuvo el mayor valor para la cantidad de individuos. Este GT se caracteriza porque en su estado larvario parasita a otros artrópodos (Orozco-Peón et al., 2019). La familia de parasitoides más abundante en el GT fue Ichneumonidae, la cual parasita a Lepidoptera en el cultivo de la papa (Lazebnik, 2017). Estos resultados pudieran ser explicados debido a que el propineb ha demostrado menores efectos nocivos en la artropofauna (EFSA, 2016, 2020). Los artrópodos del GT parasitoide que parasitan a los fitófagos también se afectarían por los plaguicidas junto a su insecto fitófago hospedero, que ingiere partes de la planta contaminadas con estas sustancias (Gao et al., 2014). Se ha encontrado en otra investigación que el GT que permite detectar la toxicidad de forma más eficiente son los depredadores, siendo la cipermetrina el plaguicida más compatible con los artrópodos terrestres asociados al cultivo de cacao, y los índices de diversidad para la artropofauna de suelo con base a la riqueza, D_{Mg} y cantidad de individuos mostraron diferencias significativas entre los plaguicidas aplicados (Garay et al., 2022).

Se concluye en este estudio que, las familias Cicadellidae, Chrysomelidae y Sciaridae presentaron las mayores abundancias de individuos en el cultivo de papa bajo los plaguicidas propineb, fipronil y el tratamiento convencional. Estas tres familias pueden ser usadas para evaluar la perturbación ambiental por exposición a plaguicidas en este cultivo. El número de individuos y el índice de diversidad de Pielou de la artropofauna recolectada en este cultivo mostraron diferencias bajo diferentes escenarios entre los tres tratamientos de plaguicidas aplicados. Respecto a la evaluación por el total de familias, y por los GT de los fitófagos y los parasitoides, el propineb presentó los valores más altos para el número de individuos de la artropofauna en comparación al fipronil y al tratamiento convencional. Los resultados sugieren que el GT fitófago y la cantidad de individuos presentaron los mejores valores para evaluar el efecto negativo de los plaguicidas en la artropofauna del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Científica del Sur, Lima, Perú, y al Museo de Historia Natural de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional Federico Villarreal por el apoyo brindado en la identificación de la artropofauna de la presente investigación.

REFERENCIAS

- Alarcon, G., & Iannacone, J. (2014) Artropofauna terrestre asociada a formaciones vegetales en el refugio de vida silvestre Pantanos de Villa, Lima, Perú. *The Biologist (Lima)*, **12**, 253-274.
- Alarcon, G., Alvareño, L., & Iannacone, J. (2018). Arañas (Arachnida: Araneae) asociadas a formaciones vegetales en el refugio de vida silvestre Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Biotempo*, **15(2)**, 203-215.
- Alim, A., & Lim, U.T. (2013) Ecotoxicological effect of insecticides on *Ooencyrtus nezarae* (Hymenoptera: Encyrtidae) reared from refrigerated and unrefrigerated *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae) host. *Biocontrol Science and Technology*, **24**, 133-144.
- Alyokhin, A., Rondon, S.I., & Gao, Y. (2022) *Insect Pests of Potato. Global Perspectives on Biology and Management*. Academic Press 2nd Ed, London, United Kingdom.
- Arcos-Pineda, J.H., Mamani-Huayta, H., Barreda-Quispe, W.L., & Holguin Chuquimamani, V. (2020) *Manual técnico: manejo integrado del cultivo de papa*. Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA, Lima, Perú.
- Asad, M., Ahmed, S., Khan, R.R., Ali, A., Raza, M.F., Shabbir, A., Munir, F., Abbas, A.N., & Tariq, M. (2020) Effects of soil application of two different fipronil formulations on some soil-dwelling non-target arthropods. *International Journal of Tropical Insect Science*, **41**, 663-669.
- Asif, N., Malik, M., & Chaudhry, F. (2018) A Review of on Environmental Pollution Bioindicators. *Pollution*, **4(1)**, 111-118.
- Boetzel, F.A., Ries, E., Schneider, G., & Krauss, J. (2018) It's a matter of design—how pitfall trap design affects trap samples and possible predictions. *PeerJ*, **6**, 5078.
- Brown, B.B., Borkent, A., Cumming, M., Wood, D.M., Woodley, N.E., & Zumbado, M.A. (2009) *Manual of Central American Diptera, Volume 1*. NRC Research Press, Ontario, Canadá.
- Brown, B.B., Borkent, A., Cumming, M., Wood, D.M., Woodley, N.E., & Zumbado, M.A. (2010) *Manual of Central American Diptera, Volume II*. NRC Research Press, Ontario, Canadá.
- Brown, G. R., & Matthews, I. (2016) A review of extensive variation in the design of pitfall traps and a proposal for a standard pitfall trap design for monitoring ground-active arthropod biodiversity. *Ecology and Evolution*, **6**, 3953-3964.
- Camargo, L.S., Niemeyer, J.C., Iunes de Oliverira, L.C., Alexandre, D., Geble, L., & Klauberg-Filho, O. (2019) The fungicide mancozeb affects soil invertebrates in two subtropical Brazilian soils. *Chemosphere*. **232**, 180-185.

- Carvalho-Fernandes, S.P. (2016) Family Sciaridae. *Zootaxa*, **4122(1)**, 41-45.
- Castillo, B., Ruiz, J.O., Manrique, M.A. & Pozo, C. (2020) Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú). *Revista Espacios*, **41(10)**, 11.
- CDC (Centers of Disease Control and Prevention) (2017). *Ethylene tiourea*. Disponible en https://www.cdc.gov/biomonitoring/ETU_PTU_BiomonitoringSummary.html#print
- Chowdhury, G., Datta, U., Zaman, S., & Mitra, A. (2017) Ecosystem Services of Insects. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, **1**, 491-497.
- Cherry, A., Sotherton, N., & Wratten, S. (1992) The sub-lethal effects of foliar fungicides on the mustard beetle, *Phaedon cochleariae* (F.) (Col., Chrysomelidae). *Journal of Applied Entomology*, **114(1-5)**, 510-519.
- Climate Data (2021). *Clima Mollepata*. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/cuzco/mollepata-361395/> (Accedido el 21 de noviembre de 2023)
- Costa, J.F., & Lozada, D. (2010) Lista de cigarritas (Hemiptera: Cicadellidae) de Cusco, Perú. *Revista Peruana de Biología*, **17(3)**, 303-316.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2016) Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance Propineb. *EFSA Journal*, **14(11)**, 4605.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2020) Review of the existing maximum residue levels for propineb according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005. *EFSA Journal*, **18(8)**, 6233.
- Fernandes, F.O, Abreu, J.A., Christ, L.M., & Rosa, A.P. (2019) Efficacy of insecticides against *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797). *Agricultural Science*, **11(1)**, 494-503.
- Fonseca-Duarte, A., Bastos-Pazini, J., Costa-Padilha, A., Robe-Fagundes, J.P., Pinto-Duarte, J.L., Silva da Cunha, U., & Bernardi, D. (2022) Biological activity of insecticides against *Bradysia ocellaris* larvae (Diptera: Sciaridae): a new pest of strawberry crops. *Journal of Economic Entomology*, **115(5)**, 1601-1606.
- Gao, Y., Wang, H., Qin, F., Xu, P., Lv, X., Li, J., & Guo, B. (2014) Enantiomerization and enantioselective bioaccumulation of metalaxyl in *Tenebrio molitor* larvae. *Chirality*, **26(2)**, 88-94.
- Garay, D.C., Sotomayor, A.C., Alarcon, G., Hermoza, G., & Iannacone, J. (2022) Toxicidad de plaguicidas convencionales en los servicios ecosistémicos de la artropofauna terrestre en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en San Martín, Perú. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, **81(4)**, 8-20.
- Ghannem, S., Tpuaylia, S., & Boumaiza, M. (2017) Beetles (Insecta: Coleoptera) as bioindicators of the assessment of environmental pollution. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, **24(2)**, 456-464.
- Gols, R., Wallis DeVries, M., & van Loon, J. (2020) Reprotoxic effects of the systemic insecticide fipronil on the butterfly *Pieris brassicae*. *The Royal Society*, **287**, 20192665.
- Gunstone, T., Cornelisse, T., Klein, K., Dubey, A., & Donley, N. (2021) Pesticides and Soil Invertebrates: A Hazard Assessment. *Frontiers in Environmental Science*, **9**, 643847.
- Hohbein, R., & Conway, C. (2018) Pitfall traps: A review of methods for estimating arthropod abundance. *Wildlife Society Bulletin*, **42(4)**, 597-606.
- Holder, P., Jones, A., Tyler, C., & Cresswell, J. (2018) Fipronil pesticide as a suspect in historical mass mortalities of honey bees. *Proceeding of the National Academy Science*, **115**, 13033-13038.
- Huamanrayme, G., Mamani, C., Curo-Miranda, J., & Yabar-Landa, E. (2020) Diversidad y abundancia de insectos en papa empleando trampas de colores en Cusco, Perú. *The Biologist (Lima)*, **18(2)**, 277-285
- Jawad, A.S., & Nawar, M.H. (2023) Laboratory study of the effectiveness of confider in controlling leaf-hoppers on a crop of cowpea. *Journal of Kerbala for Agricultural Sciences Issue*, **1(10)**, 47-56.
- Juarez, G. (2016) Primer registro de *Plagiometriona steinheili* (Wagner, 1877) (Coleoptera: Chrysomelidae: Cassidinae) para Perú. *Archivos Entomológicos*, **15**, 17-20.
- Keil, C.B., & Lozada, P.W. (2021) Cicadellinae of Ecuador and Cicadellidae of Galápagos. *Neotropical Biodiversity*, **7(1)**, 23-38.
- Krauss, J., Gallenberger, I., & Steffan-Dewenter, I. (2011) Decreased functional diversity and biological pest control in conventional compared to organic crop fields. *PLoS ONE*, **6(5)**, e19502.
- Kroschel, J., Cañedo, V., Alcázar, J., & Miethbauer, T. (2012) *Manejo de plagas de la papa en la región andina del Perú*. Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Kubicki, M., Lamshoft, M. Lagojda, A., & Spitteller, M. (2019) Metabolism and spatial distribution of metalaxyl in tomato plants grown under hydroponic conditions. *Chemosphere*, **218**, 36-41.
- Lazebnik, J. (2017) *Potato, pathogens and pests: Effects of genetic modification for plant resistance on non-target arthropods*. (Tesis de doctorado) Wageningen University, Wageningen, the Netherlands.
- Mahmoudi, M. (2022) Effects of four pesticides from insect growth regulators against the alder leaf beetle, *Agelastica alni* (Col.: Chrysomelidae). *Plant Pest Research*, **12(2)**, 77-81.

- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego) (2017) *Papa: Características de la Producción Nacional y de la Comercialización en Lima Metropolitana*. Ministerio de agricultura y riego, Lima, Perú.
- MINAM (Ministerio del Ambiente) (2015) *Guía de inventario de fauna silvestre*. Ministerio del Ambiente, Lima, Perú.
- Orozco-Peón, O., Gonzáles-Moreno, A., Ruíz-Sánchez, E., & Tun-Suárez, J.M. (2019) Comunidades y gremios de parasitoides (Hymenoptera: Ichneumonidae) en cultivo de maíz y selva baja caducifolia circundante. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, **6(17)**, 195-205.
- Ortiz, O., & Mares, V. (2017) *The historical, social, and economic importance of the potato crop. The potato genome*. Springer, Cham, Switzerland.
- Parmar, T., Rawtani, D., & Agrawal, K. (2016) Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. *Frontiers in Life Science*, **9(2)**, 110-118.
- Patel, L.C. (2022) Efficacy of some insecticides against green leaf hopper, *Nephotettix virescens* Distant (Hemiptera: Cicadellidae) and brown plant hopper, *Nilaparvata lugens* Stal (Hemiptera: Delphacidae) in rice with safety to natural enemies. *Journal entomology Research*, **46(4)**, 780-788
- Pérez, W., Castillo, C.C., Navarrete, I., Gamarra, H., Arango, E., Naccha, J., & Andrade-Piedra, J.L. (2021) *Cartilla para la identificación de síntomas de la punta morada de la papa. Serie: Plagas emergentes del cultivo de papa en Latinoamérica*. Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Petrescu-Mag, R.M., Banatean-Dunea, I., Vesa, S.C., Copacinschi, S., & Petrescu, D.C. (2019) What do Romanian farmers think about the effects of pesticides? perceptions and willingness to pay for bio-pesticides. *Sustainability*, **11**, 3628.
- Prabowo, D.O., Hidayat, P., Wiyono, S., & Dadang. (2023) Population dynamics of brown planthopper *Nilaparvata lugens* stall and arthropod diversity on rice ecosystem with returned straw and different spectrum of insecticides. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **1133**, 012044.
- Rasgele, P. (2017) Assessment of the combined effects of Acetamiprid and Propineb *in vivo*. *Journal of Institute of Science and Technology*, **7**, 79-86.
- Reiff, J.M., Sudarsan, K., Hoffmann, C., & Entlinga, M.H. (2023) Arthropods on grapes benefit more from fungicide reduction than from organic farming. *Pest Management Science*, **79**, 3271-3279.
- Sakamoto, Y., Hayashi, T.I., Ohnishi, H., Inoue, M.N., Kishimoto, T., & Goka, K. (2019) Effects of fipronil on non-target ants and other invertebrates in a program for eradication of the argentine ant, *Linepithema humile*. *Sociobiology*, **66(2)**, 227-238
- Santos, J., Correa, C., & Maeda, D. (2020) Portanini (Insecta: Hemiptera: Cicadellidae) from Peru: checklist with new records and descriptions of two new species. *PeerJ*, **8**, e10222.
- Sattler, C., Gianuca, A. T., Schweiger, O., Franzén, M., & Settele, J. (2020) Pesticides and land cover heterogeneity affect functional group and taxonomic diversity of arthropods in rice agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **297**, 106927
- Silva, A.F., Molina, N.M., Romero, A., Botero, N., Corredor, N., & Sánchez, F. (2019) Composición, abundancia y riqueza de Cicadellidae (Insecta: Hemiptera) en un campus en la sabana de Bogotá, Colombia. *Revista Facultad de ciencias básicas*, **15(1)**, 7-17.
- Song, S., Wei, J., Chen, Z., Lei, Y., Zhang, Y., Deng, C., Tan, H., & Li, X. (2018) Determination of propineb and its metabolites propylenethiourea and propylenediamine in banana and soil using gas chromatography with flame photometric detection and LC-MS/MS análisis. *Journal of environmental science and health*, **53(3)**, 153-160.
- Tingle, C.C., Rother, J.A., Dewhurst, F.C., Lauer, S., & King, W.J. (2003) Fipronil: Environmental Fate, Ecotoxicology, and Human Health Concerns. *Reviews of Environmental Contamination Toxicology*, **176**, 1-66.
- Toledo, M. (2021) *Manejo de la enfermedad "tizón tardío" (Phytophthora infestans) de la papa*. Gobierno de la República de Honduras.
- Triplehorn, C., & Johnson, N. (2005) *Borrór and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. Brooks/Cole, Kentucky, Estados Unidos.
- Van der Sluijs, J. (2020) Insect decline, an emerging global environmental risk. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, **46**, 39-42.
- Vélez-Azañero, A., Lizárraga-Travaglini, A., Alvarado, J., & La Rosa, V. (2016) Insectos epigeos de la cuenca baja del río Lurín, Lima, Perú. *The Biologist (Lima)*, **14**, 387-399.
- Walker, P.R., Story, P., & Hose, G. (2016) Comparative effects of pesticides, fenitrothion and fipronil, applied as ultra-low volume formulations for locust control, on non-target invertebrate assemblages in Mitchell grass plains of south-west Queensland, Australia. *Crop Protection*, **89**, 38-46.

