La Granja:
Revista de
Ciencias de la Vida

pISSN:1390-3799; eISSN:1390-8596

https://doi.org/10.17163/lgr.n41.2025.03

Artículo científico / Scientific paper

Conservación

Pesticidas y su impacto sobre la entomofauna en fincas de agricultores andinos de Ecuador

Pesticides and their impact on entomofauna in Andean farmers' fields in Ecuador

Diego Mina*[1], Jhenny Cayambe[2], Tatiana Cárdenas[3], Israel Navarrete[4] y Olivier Dangles[3]

[1]*Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 170143, Quito-Ecuador.*
[2]*Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra. 100150, Ibarra-Ecuador.*
[3]*UMR CEFE. 1919 route de Mende. 34090 Montpellier-France.*
[4]*Centro Internacional de la Papa. 170143, Quito-Ecuador.*

*Autor para correspondencia: diego.mina@ird.fr

Manuscrito recibido el 12 de mayo de 2022. Aceptado, tras revisión el 14 de septiembre de 2022. Publicado el 1 de marzo de 2025.

Resumen

El desconocimiento del uso racional de insecticidas conlleva a que agricultores de países en desarrollo como Ecuador sobrepasen el límite de aplicaciones permitidas. Además, poco se conoce del efecto que tienen los insecticidas sobre la entomofauna de *Lupinus mutabilis* (chocho). Este estudio busca analizar el efecto de los insecticidas sobre plagas e insectos benéficos con especial énfasis en polinizadores, sin descuidar el efecto sobre el rendimiento del cultivo. Se tomó como referencia la entomofauna asociada al cultivo de chocho. Se evaluaron 79 campos agrícolas en Cotopaxi-Ecuador, con tratamientos con químico, sin químico y sin ningún control. Una vez socializado el experimento, los agricultores eligieron el manejo para sus campos con las recomendaciones de los investigadores. Para el monitoreo de insectos se usaron trampas pegantes y de plato de color amarillo. Se obtuvieron variables de abundancia y diversidad de insectos. El uso y aplicación de plaguicidas se registró usando encuestas desarrolladas con Survey 123. Los resultados muestran que la aplicación de insecticidas no siempre fue efectiva en el control de las plagas analizadas. Además, los tratamientos evaluados tuvieron efectos distintos según el tipo de insecto polinizador analizado. Por otro lado, se observó que ciertas plagas, en especial barrenadores podrían inducir un efecto de respuesta positivo (70% más de flores) que beneficiaría el rendimiento final. Estos resultados podrían sugerir que los controles de plagas para este cultivo deberían ser más dirigidos y realizarse antes de la floración, esto evitaría causar daños a polinizadores, barrenadores y probablemente enemigos naturales de plagas.

Palabras clave: chocho, insecticidas, polinizadores, rendimiento, entomofauna.

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

Abstract

Ignorance of the rational use of insecticides leads farmers in developing countries such as Ecuador to exceed the limit of permitted applications. In addition, little is known about the effect of insecticides on entomofauna of *Lupinus mutabilis* (lupine). This study aims to analyze the effect of insecticides on pests and beneficial insects, with special emphasis on pollinators, without neglecting the effect on crop yield. The entomofauna associated with Andean Lupin was used as a reference. Seventy-nine agricultural fields were evaluated in Cotopaxi-Ecuador, with the treatments with chemicals, without chemicals, and without any control. Once the experiment was presented to the participating group, the farmers chose the management treatment for their fields with recommendations from the researchers. For insect monitoring, yellow sticky and plate traps were used to obtain variables of insect abundance and diversity. The use and application of pesticides was recorded using surveys developed with Survey 123. The results showed that the application of insecticides was not always effective in controlling the pests studied. In addition, the treatments evaluated had different effects according to the type of insect pollinator analyzed. On the other hand, the study also showed that certain pests, especially borers, could induce a positive response (70% more flowers) that can actually benefit the final yield. These results suggest that pest controls for this crop should be more targeted and carried out before flowering to avoid causing damage to pollinators and borers, as well as natural enemies of pests.

Keywords: lupin, insecticides, pollinators, yield, entomofauna.

Forma sugerida de citar: Mina, D., Cayambe, J., Cárdenas, T., Navarrete, I. y Dangles, O. (2025). Pesticidas y su impacto sobre la entomofauna en fincas de agricultores andinos de Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida.* Vol. 41(1):53-71. https://doi.org/10.17163/lgr.n41.2025.03.

IDs Orcid:

Diego Mina: https://orcid.org/0000-0001-8821-6575
Jhenny Cayambe: https://orcid.org/0000-0001-7413-2151
Tatiana Cárdenas: https://orcid.org/0000-0001-9956-3169
Israel Navarrete: https://orcid.org/0000-0002-9779-4809
Olivier Dangles: https://orcid.org/0000-0002-1987-8433

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

1 Introducción

El uso de plaguicidas es una práctica mundial, especialmente en países de bajos ingresos, debido a la falta de capacitación, bajos niveles de educación de los agricultores, falta de alternativas a los pesticidas, influencia de vendedores, etc. (Berni et al., 2021; Jallow et al., 2017; Khan et al., 2015). Por otro lado según la FAO (2017), el consumo mundial de plaguicidas alcanzó más de 4,11 millones de toneladas para ese año. La FAO indica que, en los últimos 20 años, países como Italia, Francia y Japón han reducido el uso de pesticidas en un 36% aproximadamente, contrario a lo que ocurre en países como Malawí, Bangladesh y Etiopía donde su demanda ha incrementado en un 1325%. En América Latina se usan más de 5Kg pesticida/hectárea, mientras en países como Ecuador, la aplicación de pesticidas entre 1990 y 2017 se ha incrementado en más de 1500% (FAO, 2017). La mayoría de los estudios presentan al agricultor como responsable de este mal manejo (Damte and Tabor, 2015; Mengistie et al., 2017). La falta de una comprensión básica y una perspectiva integrada sobre las plagas podría causar el "mal uso" por parte de los agricultores (Wyckhuys et al., 2019), sin tomar en cuenta factores externos influyentes como: la acción del gobierno, las universidades, ONGs, empresa privada, etc (Pan et al., 2021). Sin embargo, la toma de decisiones sobre los plaguicidas y la gestión de la resistencia no es responsabilidad únicamente de los agricultores (Gould et al., 2018), sino de todos los actores involucrados en la cadena de comercialización y consumo. De hecho, los mismos agricultores reconocen que se les atribuye la disminución de insectos, la pérdida de biodiversidad en general y el uso excesivo de pesticidas. Sin embargo, ellos también consideran esto como un problema multicausal (Busse et al., 2021).

La aplicación de pesticidas tiene muchos impactos, pasando por la contaminación del suelo, la salud humana y el ambiente (Budzinski and Couderchet, 2018). De hecho, esta es una de las prácticas agrícolas que más afecta a la agrobiodiversidad (Mengistie et al., 2017). Los estudios confirman el impacto negativo de los insecticidas sobre la entomofauna, observándose disminuciones y/o pérdidas de la misma (Catarino et al., 2019; Goulson, 2019). Entre otras cosas los científicos responsabilizan al uso de insecticidas, con los efectos dañinos más extensos (Chemnitz, 2022). Se cree que el uso intensivo de insecticidas acelera la adaptación de plagas, haciendo más sensibles a insectos benéficos (Potts et al., 2010; Chivian and Bernstein, 2015). Por ejemplo, la sinergia de fungicidas IBE + neonicotinoides ha ocasionado mayor mortalidad de la abeja solitaria *Osmia lignaria*, el abejorro *Bombus terrestres* y *Apis mellifera* (Botías and Sánchez-Bayo, 2018). Esto evidencia una crisis mundial de abundancia, diversidad y biomasa de insectos, especialmente polinizadores, ocasionado entre otras razones por actividades antrópicas con paisajes agrícolas industrializados (Forister et al., 2019).

Se estima que un 35% de la producción mundial de alimentos depende de la polinización animal (Klein et al., 2007; Sawe et al., 2020). De hecho, se ha documentado que entre el 5% y el 8% de la producción mundial de cultivos se perdería sin la polinización entomófila (Aizen et al., 2009). En términos económicos, la producción agrícola resultante de la polinización animal se ha estimado entre 235 y 577 mil millones de dólares (Sawe et al., 2020). Se ha demostrado la relación entre el efecto nocivo de los plaguicidas sobre la entomofauna benéfica (específicamente polinizadores) y los impactos sobre el rendimiento final (Pacífico da Silva et al., 2015; Stanley et al., 2015; de Oliveira et al., 2019). Entender la composición de la entomofauna y sus interacciones podría contribuir a mejorar el conocimiento de los agricultores y cambiar sus prácticas agrícolas (Magrach et al., 2019).

Una de las ventajas más usadas ha sido la combinación de muchos elementos como el control biológico y la diversidad botánica inter e intraespecífica, compuestos volátiles sintéticos y la defensa inducida, el manejo integrado de plagas (MIP) (Stenberg, 2017). Sin embargo, el MIP no ha considerado insectos como los polinizadores, afectados también por prácticas agrícolas. Por lo tanto, se ha demostrado la necesidad de incorporar estrategias que consideren los polinizadores dentro del MIP, buscando reducir su exposición a los plaguicidas (Egan et al., 2020). Estos autores han propuesto una transición del MIP al MIPP (la segunda "P" para polinizadores).

Se buscó incorporar este enfoque, representándolo en las interrelaciones existentes entre las "4P"; plaguicidas, plagas, polinizadores y productividad (Figura 1). El uso de plaguicidas en la agricultura busca controlar las plagas (Figura 1a), pues se conoce de su efecto negativo sobre la productividad (Fi-

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

gura 1b). En consecuencia, el uso de plaguicidas es para muchos agricultores una necesidad para mejorar (sin disminuir) la productividad del cultivo (Figura 1c). Al igual que en las plagas, los plaguicidas generalmente tienen un efecto negativo sobre los polinizadores (Figura 1d). Dependiendo del cultivo, estos pueden tener un efecto neutro o positivo sobre la productividad del cultivo (Figura 1e). Estas relaciones demuestran la necesidad de considerar los insectos-plagas como benéficos al momento de evaluar el efecto de los insecticidas sobre la productividad de los cultivos.

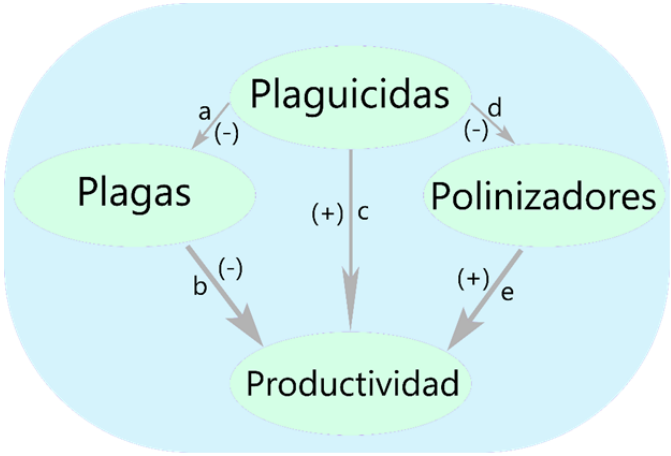

Figura 1. Relaciones entre el efecto del uso de plaguicidas sobre la entomofauna y la productividad. Figura modificada de Struelens et al. (2021).

Resulta interesante analizar la transición del MIP al MIPP en un sistema agrícola donde se vean representadas estas relaciones. En un estudio previo, Struelens et al. (2021) reportan que las aplicaciones de insecticidas en Ecuador afectan la entomofauna en sistemas de pequeños agricultores andinos de chocho *Lupinus mutabilis Sweet*. Estos autores encontraron un impacto significativo en la reducción de los polinizadores, por el número de aplicaciones de plaguicidas (p=0,021; path coefficient= -0,892), sin una reducción clara de las poblaciones de plagas. Sin embargo, estas conclusiones están respaldadas con un número limitado de campos (en total menos de 20) y se necesita profundizar en las relaciones entre insecticidas, plagas, polinizadores y cultivos. Aunque el chocho es una planta autógama, la calidad de su producción puede depender en una medida significativa de los insectos polinizadores. Por lo tanto, este es un modelo de cultivo interesante para analizar el efecto combinado de los insecticidas y su impacto sobre la entomofauna. Cowling et al. (1998) reportan una tasa de polinización cruzada entre 4 y 11%; por otra parte, Caligari et al. (2000) en sus experimentos encontraron una tasa de exogamia que alcanzaba el 58,8%. Struelens et al. (2021) reportaron un 10,5% de incremento del número de semillas de chocho por la visita de insectos polinizadores.

El chocho se encuentra en varios países andinos. En Ecuador, las zonas de mayor producción según el ministerio de agricultura son Cotopaxi, Chimborazo, Pichincha e Imbabura (SINAGAP, 2014). Sus granos son ricos en proteínas (41-51%) y ácidos grasos esenciales (3-14%) (Nicklin et al., 2006). Su simbiosis con la bacteria *Bradyrhizobium* fija nitrógeno atmosférico (entre 30 y 70kg de N/ha), enriquece el suelo (Alandia, 2018).

Sin embargo, en Ecuador la intensificación agrícola de este cultivo ha estado acompañada de un aumento en los problemas fitosanitarios, principalmente de los ataque de herbívoros (Caicedo and Peralta, 2000). En 2015 se reportaron alrededor de 7825,59 ha sembradas con una tendencia al incremento para años posteriores (INEC, 2015). Aunque hay pocos reportes y estudios sobre estas plagas en la zona, se reportan principalmente barrenado-

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

res, como el barrenador del tallo (Agromyzidae), o la mosca del ápice (Anthomyiidae), omnipresente en casi toda la fenología del cultivo (Mina et al., 2017). Lo interesante es que el ataque de esta plaga podría sugerir un mayor crecimiento de órganos reproductivos en el chocho, conocido como efecto de sobrecompensación (Struelens et al., 2021). García and Eubanks (2019) muestran 86 estudios que documentan ejemplos de sobrecompensación de insectos por parte de 67 especies de plantas que representan a 26 familias.

La aplicación de insecticidas es la primera y muchas veces única opción de los agricultores ecuatorianos para controlar las plagas. De hecho, una práctica común es mezclar varios pesticidas a manera de "cócteles". Sherwood et al. (2005) por ejemplo, reportan que agricultores mezclaban hasta siete productos en un mismo "brebaje", a veces productos con el mismo ingrediente activo o el mismo mecanismo de control. En teoría estos cócteles ahorran tiempo y trabajo con una mayor eficacia en el control de plagas y enfermedades. Sin embargo, es arriesgado hacer estas mezclas sin información de las etiquetas de los químicos (Mengistie et al., 2017). Las mezclas de pesticidas resultan un tema preocupante para la salud humana debido a sus posibles efectos sinérgicos sobre la toxicidad. Las mezclas de pesticidas con el mismo mecanismo de acción (MoA) a menudo muestran efectos aditivos, mientras que aquellos con diferentes MoA producen efectos que son difíciles de calcular (Hernández et al., 2017). En Ecuador el problema se agudiza, pues como lo reporta el gobierno de Ecuador, muchos de los alimentos consumidos superan los Límites Máximos de Residuos (LMR) de pesticidas permitidos para el consumo humano.

El presente estudio fue diseñado para responder a tres preguntas principales:

(i) ¿Cómo afecta el uso de insecticidas a las plagas y los polinizadores (relaciones a y d en la Figura 1)?

(ii) ¿El uso de insecticidas y sus impactos sobre la entomofauna afectan al rendimiento de campos agrícolas (relaciones b, c en la Figura 1)?

(iii) ¿Cuál es la relación entre el nivel de las plagas principales (barrenadores) y el rendimiento del chocho (relación d en la Figura 1)?

2 Materiales y Métodos

2.1 Sitios de estudio

El estudio se llevó a cabo en 79 campos de agricultores, entre enero y noviembre de 2021 en la sierra centro-norte de Ecuador (Figura 2). Los campos se ubicaron en las parroquias de Alaquez, Cochapamba, Cusubamba, Eloy Alfaro, Guaytacama, Juan Montalvo, La Matriz y Pujilí (Tabla 1). Las zonas de estudio y los agricultores se eligieron por: i) niveles de intensificación en el paisaje agrícola (densidad de plantación y/o número de especies presentes en una superficie determinada); ii) prácticas agrícolas (ej. uso o no de insecticidas), iii) trabajos previos de investigación y capacitación con agricultores de la zona y, iv) interés del agricultor para participar en la investigación.

2.2 Diseño del estudio

Se realizaron tres actividades. La primera fue el monitoreo de la aplicación de insecticidas en los campos de agricultores, la segunda fue el monitoreo de las poblaciones de insectos y la tercera fue estudiar la variabilidad del rendimiento.

2.2.1 Registro de aplicaciones de insecticidas en campos de agricultores

Inicialmente se establecieron dos tratamientos: i) Con químico; campos con aplicación de insecticidas químicos sintéticos, y ii) Sin químico; campos con aplicación de insecticidas de tipo orgánico. Sin embargo, también se identificaron campos donde los agricultores no aplicaron ningún tipo de control sobre las plagas. En definitiva, se establecieron 39 campos con químico, 34 campos sin químico y 6 campos sin aplicación de control.

Cada agricultor eligió el tratamiento a utilizar, incluyendo riegos, deshierbas, frecuencia de controles fitosanitarios, todo adquirido por su financiamiento. En todos los campos se usó la semilla de la variedad de chocho INIAP-450 Andino, y fue desinfectada con el químico recomendado y usado por técnicos de la zona (Tiabendazol+Tiametoxam). Los campos sin químico usaron estrategias orgánico-biológicas como caldos minerales y extractos de plantas. Estas estrategias fueron proporcionadas por los agricultores y la universidad local. Para los tratamientos con químicos se usaron ingredientes

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

activos comúnmente aplicados por los agricultores (Tabla 2).

Tabla 1. Características bioclimáticas y tratamientos aplicados en los sitios de estudio, Cotopaxi 2021.

	Sitios	Alaquez	Carrillo	Chan	Cuturivi	Guaytacama	La Merced	Cachipata	Yugshiloma	Total de campos evaluados
	Tamaño promedio de campos evaluados (m^2)	1850	1387	2125	985	1218	2367	2944	846	
	Cultivos principales	Fréjol, haba, maíz	Maíz	Arveja, fréjol	Arveja, cebada, papa	Arveja, fréjol, maíz	Maíz	Maíz, papa	Maíz	
Características Bioclimáticas	Altitud (msnm)	3044	3032	2918	3503	2948	2950	3336	2900	
	Precipitación promedio durante los días de monitoreo (mm/día)	8,67	7,88	8,15	10,22	7,68	8,44	8,9	9,75	
	Temperatura (°C)	12	11	13	11	11	13	10	11	
Número de Tratamientos	Con químicos	4	6	1	13	5	2	9	2	42
	Sin químicos	8	4	2	6	6	1	1	3	31
	Sin control de plagas	2		1	1	1	1	0	0	6

El 70% de los agricultores que aplicaron tratamientos químicos usaron insecticidas organofosforados y piretroides, con un rango ente 1 y 4 aplicaciones antes de la etapa de floración. Por otro lado, el 95% de los campos sin tratamiento químico usaron caldos minerales y extractos de plantas (Tabla 2).

2.2.2 Toma de datos

A través de encuestas se colectaron datos sobre el uso y aplicación de productos químicos (ingrediente activo, dosificación, frecuencia de aplicación). Para esto, se contó con la autorización del comité de ética de investigación (CEISH) de la Pontificia Universidad Católica de Ecuador (PUCE). Cada agricultor firmó un consentimiento informado en relación con las actividades de investigación. Además de los talleres se realizaron visitas y monitoreos periódicos a cada campo experimental. En dichos talleres se proporcionó información de las actividades del experimento y cada agricultor fue responsable de aplicar el tratamiento elegido (Figura 3E). Las sesiones presenciales se desarrollaron entre marzo y noviembre 2021, bajo un protocolo de bioseguridad preestablecido debido a la pandemia.

2.2.3 Monitoreo de poblaciones de insectos en campos de agricultores

Se usaron trampas pegantes y trampas de plato para capturar insectos voladores reportados como entomofauna asociada al chocho (Mina et al., 2017). Para muestrear los insectos plaga se usaron trampas pegantes plásticas amarillas, A4 (21 $\times$ 29,7 cm) (Ali et al., 2019), colocadas a la altura del cultivo (Figura 3A). La distancia y número de trampas estuvo en función del área del campo muestreado, una por cada 1000m^2 (Heinz et al., 1992; Willett et al., 2020).

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

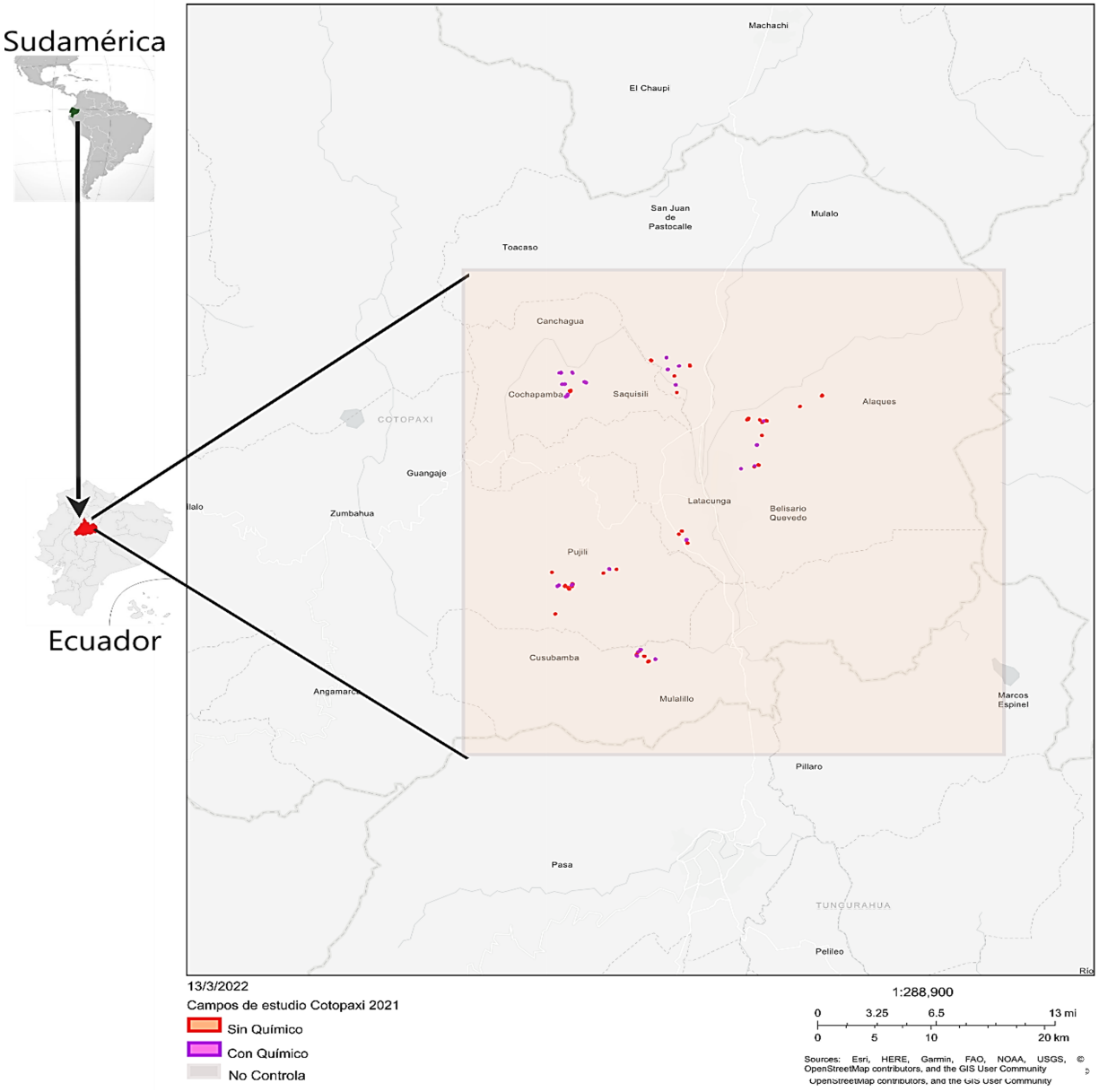

Figura 2. Ubicación continental y regional de los sitios de estudio ubicados en la sierra ecuatoriana. Distribución de los campos experimentales según el tratamiento aplicado.

Luego de 10 a 12 semanas después de la siembra se colocaron trampas pegantes. Las trampas se dejaron en campo una sola vez por 72 horas (Shah et al., 2020). Para el análisis del efecto de los insecticidas en plagas se escogieron dos insectos identificados como plaga en esta etapa del cultivo i) el barrenador del ápice (Díptera/Anthomyiidae, posiblemente *Lasiomma* sp. ver (Struelens et al., 2021)) (Figura 3C) y ii) Mariquita negra (Coleóptera/Merylidae, *Astylus bourgeoisi*). Se registró la abundancia de una tercera plaga Agromyzidae (posiblemente *Liriomyza* sp.) encontrada durante el muestreo destructivo.

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

Tabla 2. Tratamientos utilizados por los agricultores para el control de insectos plagas, Cotopaxi 2021

	Insecto a controlar	Tratamiento con químico Grupo químico (GQ) Clase toxicológica (CT) Modo de acción (MA)	Tratamiento sin químico
SIEMBRA	*Delia platura* *Agrotis* sp. *Agriotes* sp.	GQ: carbamatos oxima CT: Ib Altamente peligroso MA: Inhibidores de la colinesterasa GQ: Piretroides y Piretrinas CT: II Moderadamente peligroso MA: actividad insecticida por contacto e ingestión sobre el sistema nervioso GQ: Organofosforados CT: II Moderadamente peligroso MA: Inhibidor de la acetilcolinesterasa GQ: Organofosforados CT: III Ligeramente peligroso MA: Inhibidor de la acetilcolinesterasa	Aceite de Neem Insecticida orgánico 2-2-1 (jengibre+ají+ajo) Microbios con extracto de hierbas amargas
ETAPA VEGETATIVA	*Lasiomma* sp. *Liriomyza* sp.	GQ: Neonicotinoides + Fenilpirazoles (Fiproles) CT: II Moderadamente peligroso MA: Fipronil, bloquea el efecto del neurotransmisor GABA (ácido γ-aminobutírico) GQ: Análogos de la nereistoxina CT: II Moderadamente peligroso MA: Insecticida de acción estomacal y de contacto	Aplicación de Caldos Sulfocálcicos Aplicación de Caldos de Ceniza Abonos foliares (aminoácidos)

Para el registro de insectos polinizadores se colocaron trampas de plato de color amarillo a la altura de las flores (Figura 3B). En cada trampa se pusieron 200 mL de agua y 5mL de jabón líquido neutro (Saunders and Luck, 2013; Padron et al., 2021). Se recogieron luego de 72 horas (Shah et al., 2020), y los insectos se pusieron en frascos herméticos con alcohol al 70% para su posterior morfoespeciación. La identificación de estos insectos se apoyó en claves taxonómicas y la herramienta de ciencia ciudadana "iNaturalist" (Inaturalist, 2022).

2.3 Registro de variables relacionadas al daño y rendimiento

Adicionalmente se evaluaron los niveles de daño. Para esto se marcaron 10 plantas/campo en etapa vegetativa, y se realizó un muestreo destructivo. En cada planta se registraron la altura en referencia al tallo central y el número de ramas. Estas variables se relacionan con la respuesta de las plantas frente al ataque característico de los barrenadores estudiados (Struelens et al., 2021). La altura se registró en centímetros desde la base del tallo hasta el ápice

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

del eje central. El número de ramas se registró contabilizando las ramas con los órganos reproductivos (vainas y/o flores) (Garibaldi et al., 2016). Estas variables se complementaron con la abundancia de tres plagas encontradas en el muestreo destructivo: i) barrenador del ápice (Díptera/Anthomyiidae), ii) barrenador del tallo (Díptera/Agromyzidae) y iii) polillas (Lepidóptera).

Figura 3. Métodos usados en este estudio (a). trampas pegantes, (b) trampas de plato, (c) mosca barrenadora ápice (Anthomyiidae/plaga), (d) *Eristalis tenax* (Syrphidae/polinizador), (e) agricultora aplicando tratamientos de control de plagas.

2.4 Análisis de datos

Se realizaron comparaciones según el tratamiento aplicado por el agricultor durante el ciclo de cultivo. Se analizaron las diferencias en las plagas y polinizadores entre cada tipo de tratamiento con un Análisis de Varianzas (ADEVA). Para los insectos plaga (*Astylus bourgeoisi* y Anthomyiidae) se utilizaron conteos de las trampas pegantes; para los Agromyzidae y polinizadores se utilizaron conteos de las trampas de plato. Se eligieron los nueve grupos de insectos visitadores de flores más abundantes registrados en los 79 campos. También se evaluó el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento del cultivo, dato proporcionado por el agricultor después de la cosecha.

Además del análisis de los insecticidas en plagas, polinizadores y productividad, se analizó la relación entre las plagas y productividad de la planta (relación d en la Figura 1). Para ellos se creó un Índice de Productividad (IP), donde se sumaron flores y vainas de cada planta; ese valor se dividió para el número de plantas evaluadas en cada campo.

En las 10 plantas donde se evaluó la productividad también se contabilizaron el número total de barrenadores mediante un muestreo destructivo. Se sumaron todas las larvas encontradas tanto para Anthomyiidae, Agromyzidae y polillas. Se compararon con el índice de productividad obtenido para cada campo a través del modelo no lineal tipo poisson. Para ajustar los datos al modelo lineal se realizó una transformación logarítmica (Log +1), para la distribución normal y homocedasticidad de la varianza. Todos los análisis estadísticos se realiza-

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

ron utilizando el programa Past 4 project (Hammer et al., 2001) y el programa R v1.3.959 (R Core Team 2020).

3 Resultados

Abundancia y diversidad de la entomofauna muestreada

En el marco de este experimento se pudieron identificar 13 morfoespecies de insectos asociados a los campos de chocho. Se clasificaron en dos grupos funcionales plagas y polinizadores sean estos directos o indirectos. Se identificaron 4 órdenes y 12 familias de los insectos, de un conjunto de aproximadamente 12,000 individuos recolectados. El orden que registró mayor abundancia fue díptera, con un 74%, seguido por coleóptera con un 18%, el restante 8% fueron himenópteros y lepidópteros. A continuación, se presentan los principales resultados que ayudan a responder las preguntas planteadas en este estudio.

3.1 Efecto de los plaguicidas sobre plagas, polinizadores y rendimiento

Los tratamientos aplicados muestran la variabilidad en la respuesta de las abundancias de los tres insectos plaga analizados. En los 3 casos se observa que el tratamiento sin control fue el que registró menor número de plagas. Por otro lado, para el caso de *A. bourgeoisi* y Agromyzidae se puede observar una ligera tendencia de una menor abundancia para el tratamiento sin químico, tendencia no observada en el caso de Anthomyiidae. Sin embargo, estadísticamente, no se han encontrado efectos significativos de los tratamientos sobre la abundancia de las tres plagas (p >0,05, Figura 4).

Para los polinizadores, se consideraron los 9 grupos de insectos más abundantes, reportados como polinizadores de varios cultivos que se encuentran en floración. Los insectos analizados fueron *Eristalis* sp., *Apis melífera*, las moscas de las familias Stratiomyidae, Tachinidae, Sarcophagidae, Calliphoridae, Bibionidae, Syrphidae e himenópteros de la familia Halictidae. Sin embargo, el registro de todos los insectos muestreados y subidos en la aplicación iNaturalist resultó en 52 morfoespecies diferentes (Inaturalist, 2022).

Algunas especies de interés como polinizadores son: *Eristalis tenax* y *Eristalis bogotensis* (Syrphidae) *Cynomya cadaverina, Lucilia sericata, Calliphora vicina* y *Chrysomya megacephala* (Calliphoridae), *Augochlorella aurata, Caenohalictus* sp., *Pseudaugochlora* sp. y *Neocorynura* sp. (Halictidae). Otros insectos identificados incluyeron géneros como *Hedriodiscus* sp., *Netelia* sp., *Megachile* sp., *Eriothrix* sp., *Peralia* sp. y *Panzeria* sp.

El efecto de los 3 tratamientos aplicados sobre la abundancia de los polinizadores varió en función del insecto considerado. Para insectos como *Apis mellífera*, Stratiomyidae, Tachinidae, Sarcophagidae, Bibionidae y Syrphidae, no se encontraron diferencias estadísticas en las abundancias (ADEVA, p >0,05, Figura 5). Por otra parte, para insectos como *Eristalis* sp., Calliphoridae y Halictidae, se encontró una abundancia menor en campos tratados con químico (ADEVA, p <0,05, Figura 5). Las comparaciones por pares de tratamientos obtuvieron los siguientes resultados: i). sin control vs. sin químicos no fue significativa (ADEVA, p <0,17), ii). sin control vs. químico fue significativa. Según Tukey al 5% el tratamiento donde se registró menor abundancia de insectos benéficos fue el químico con 1,78 insectos promedio (ADEVA, p <0,002), iii). Sin químicos vs. químicos fue significativa. Según Tukey al 5% el tratamiento donde se registró menor abundancia de insectos benéficos fue el químico (ADEVA, p <0,004).

La altura promedio de las plantas evaluadas fue de 0,97m con una desviación estándar de 0,24. El número de ramas promedio calculado fue de 9,37; con una desviación estándar de 2,45. Con relación al daño que causan las plagas barrenadoras en el tallo principal (medida registrada como altura de planta), no se ha encontrado ningún efecto significativo de los tratamientos en los campos estudiados ($p = 0{,}903$; Figura 6A). Por otro lado, se puede observar que los campos donde se realizaron aplicaciones de insecticidas químicos tuvieron plantas de chocho con un mayor número de ramas (ADEVA, $p = 0{,}038$; Figura 6B).

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

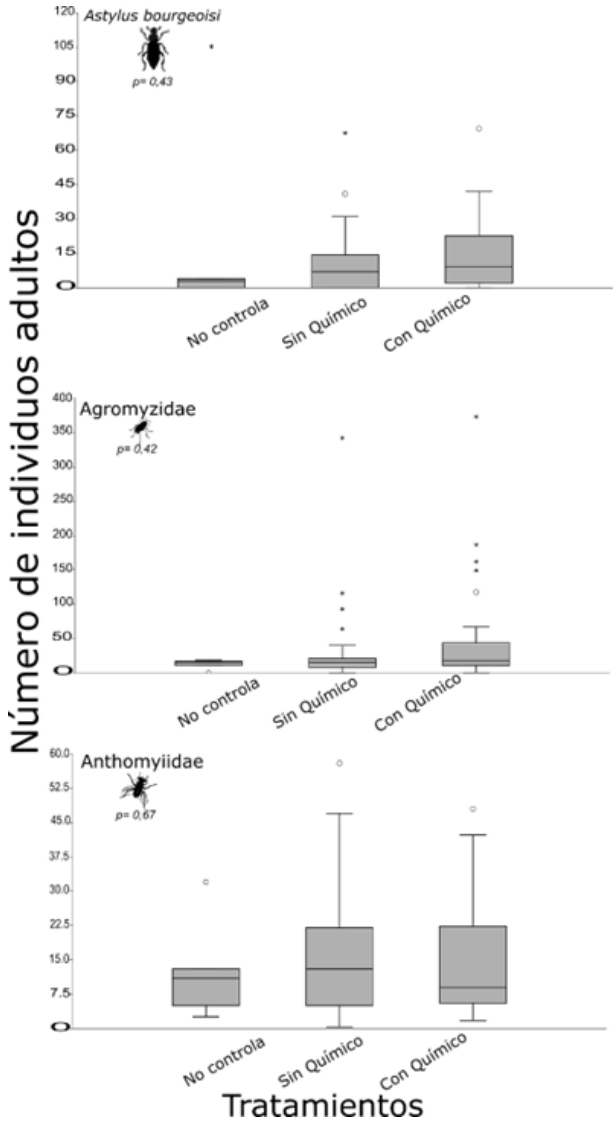

Figura 4. Efecto de los tratamientos sobre la abundancia de insectos plaga monitoreados con trampas pegantes (A y C) y trampas de plato (B).

En cuanto a productividad estimada de chocho donde se contabilizaron flores y vainas de 10 plantas/campo tomadas al azar, se observó una gran variabilidad en los diferentes campos, sin efecto significativo de ningún tratamiento (p >0,05, Figura 7). Por otra parte, se obtuvo una correlación positiva ($r = 0{,}19$) entre el rendimiento final reportado por los agricultores y el índice de productividad calculado.

3.2 Relación plagas - productividad

Se calculó una relación lineal positiva débil, entre el número de barrenadores ($r^2 = 0{,}047$; Figura 8) y el índice de productividad calculado. Existe una tendencia donde a mayor número de barrenadores dentro de la planta, mayor productividad de esta planta. Sin embargo, se observa gran variabilidad en los resultados y algunas plantas con pocos barrenadores también tuvieron índices de productividad tan altos como plantas con muchos barrenadores. La Figura 8 muestra una pendiente ligeramente

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

más marcada después de cierto umbral de plagas (log barrenadores=1,5); esto puede sugerir la sobrecompensación inicia luego de cierto nivel de ataque.

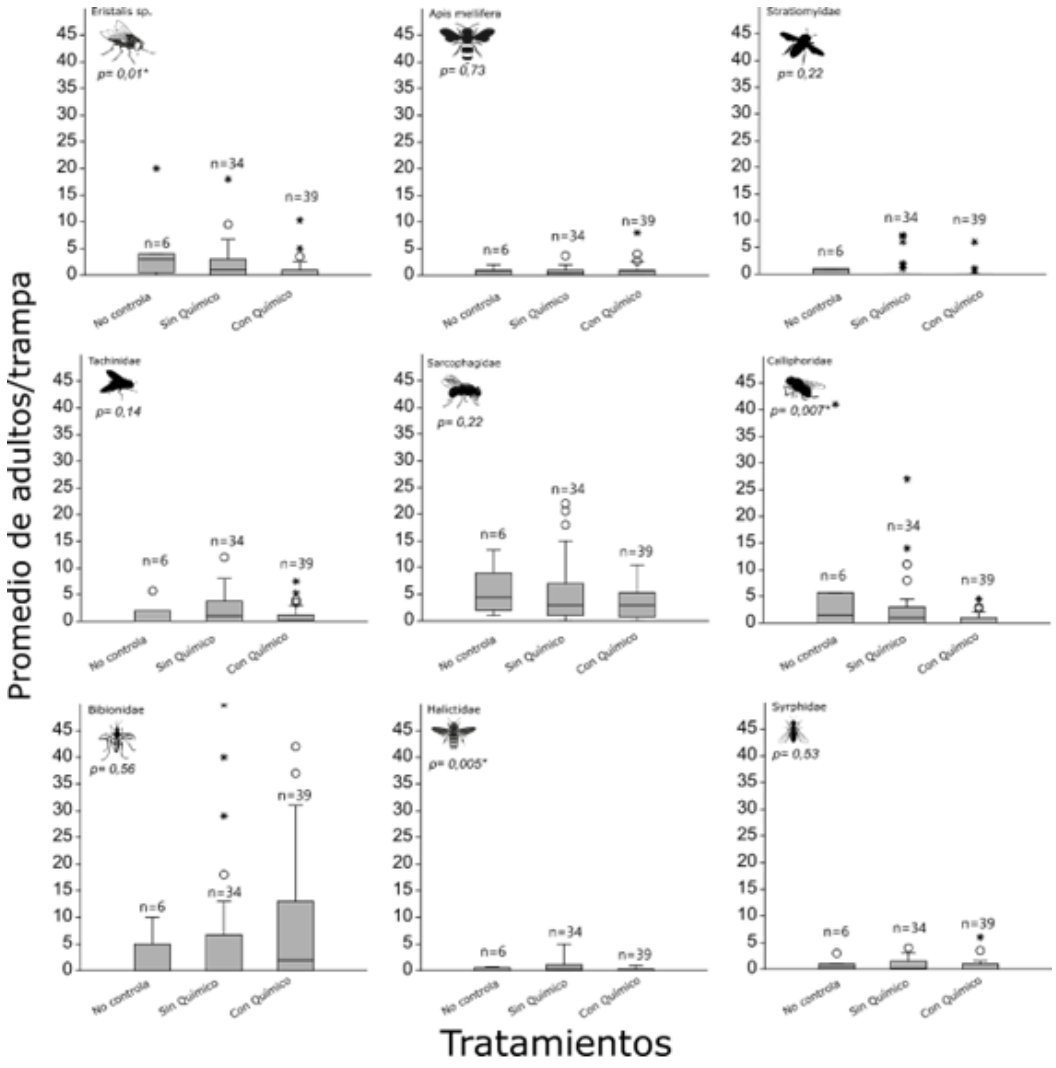

Figura 5. Efecto de los tratamientos sobre la abundancia de insectos benéficos monitoreados con trampas de plato.

4 Discusión y Conclusiones

Existieron varios factores no tomados en cuenta, como la heterogeneidad del suelo, el manejo de cultivos circundantes, residualidad de insecticidas sistémicos y los hábitats naturales que podrían estar rodeando los campos de estudio. Por otra parte, el n analizado aporta un nivel de análisis que comprueba las hipótesis planteadas en estudios previos por el mismo equipo de investigación. No obstante, es importante resaltar los límites del método experimental, que generalmente analiza un número limitado de variables a la vez.

Efecto de los insecticidas sobre insectos plaga

Este estudio mostró que para el caso de los insectos plaga, no se encontraron efectos significativos en ninguno de los tratamientos sobre las abundancias de plagas, tal como lo señala Struelens et al.

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

(2021) en un estudio previo. Este resultado se observó inclusive en el tratamiento donde el agricultor no realizó ninguna acción de manejo.

Es decir, tanto los insecticidas químicos, como los orgánicos aplicados durante este estudio no estarían siendo efectivos para el control de las plagas mencionadas, sin disminución de sus poblaciones. La hipótesis es que dichos resultados podrían estar relacionados a dos condiciones: i). los ingredientes activos aplicados por los agricultores no son los adecuados para controlar el tipo de plagas evaluadas y ii). la ecología de las tres plagas analizadas, ya que probablemente las aplicaciones de insecticidas estarían alcanzando los estadios larvales en el interior del tallo en dosis subletales sin causar mayor control.

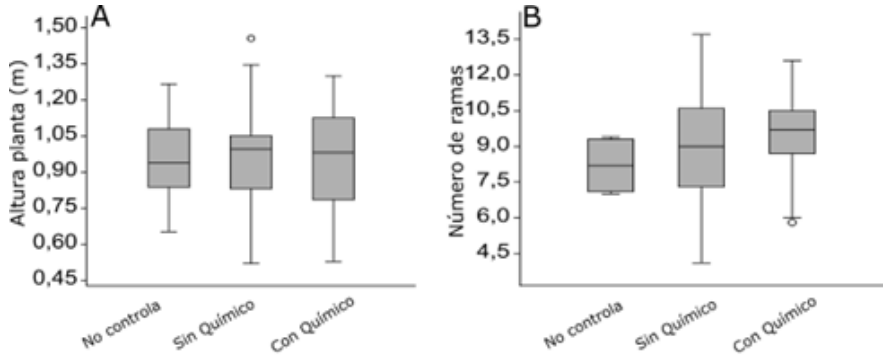

Figura 6. Relación entre los tratamientos y las medidas de daño por plagas barrenadoras. (A) Altura de planta en m, (B) Número de ramas.

En el primer caso es importante mencionar que en el 79,6% de los campos manejados con tratamiento químico se usaron solamente 3 ingredientes activos: profenofos (inhibidor de acetilcolinesterasa), lambdacyhalothrina y cipermetrina (moduladores del canal de sodio), los 3 insecticidas de contacto. El 61% de los campos manejados en el experimento recibió asesoría de un vendedor de químicos o un agrónomo para adquirir un producto químico. Como lo señala Aga (2018), la dependencia de los agricultores ante la asesoría de los vendedores de químicos resulta un factor determinante al momento de controlar sus plagas. Zibaee and Malagoli (2020), concluyen que podrían existir efectos en dosis subletales aún no evaluados para estas plagas. Probablemente esto podría generar resistencia frente a estos ingredientes activos.

En base a estudios y muestreos previos se ha podido evidenciar la presencia de la plaga barrenador del ápice durante gran parte de ciclo de cultivo (Mina et al., 2017). El orificio por donde entra el barrenador del ápice suele ser usado como puerta de ingreso de los otros dos barrenadores encontrados en el muestreo destructivo. Inclusive se han evidenciado relaciones tróficas entre plagas, donde las larvas de ciertas polillas barrenadoras depredan larvas/pupas de la mosca barrenador del ápice.

Efecto de los insecticidas sobre insectos polinizadores

El estudio realizado indica un efecto negativo de los insecticidas usados sobre las abundancias de ciertos insectos polinizadores de chocho. Este efecto se evidenció en dípteros como *Eristalis* sp, Calliphoridae e himenópteros de la familia Halictidae, todos insectos de tamaño considerable que aportan en la polinización directa o indirecta de leguminosas, como lo señalan Miguel-Peñaloza et al. (2019). Estudios como el de Catarino et al. (2019), también han reportado efectos variables de acuerdo al polinizador involucrado y al ingrediente activo químico analizado. Otro punto a tener en cuenta es el efecto residual real de químicos sistémicos como los neonicotinoides sobre los polinizadores (Wen et al., 2021). En el caso del chocho, algunos agricultores han optado por el uso de este tipo de productos pa-

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

ra desinfectar su semilla al momento de la siembra, por lo que sería interesante considerar la variable residualidad.

Para el caso de *Eristalis* sp. (Figura 3D; Figura 5) y otros syrphidae, se han observado visitas de adultos en flores de chocho. Sin embargo, es necesario identificar cuánto estarían influyendo en la polinización de este cultivo, al igual que Calliphoridae y Halictidae. No obstante, los resultados obtenidos muestran que la abundancia de estos fue menor en campos donde se utilizaron productos químicos ($\bar{x} = 1$; sd = 1,9) en comparación con el tratamiento control ($\bar{x} = 5{,}1$; sd = 7,5). En cuanto a los syrphidae, estos son polinizadores importantes con altas tasas de visitas florales y capacidad de transporte de polen. De hecho, el género *Eristalis* sp. es el visitador floral más representativo por parte de las moscas sírfidas (Dunn et al., 2020). Los *Eristalis* sp. vuelan de mayo a octubre, épocas donde el cultivo de chocho está en floración. Son cosmopolitas, por lo que no siempre resultan ser polinizadores directos, polinizando gran variedad de plantas, incluyendo las leguminosas (Temreshev et al., 2017).

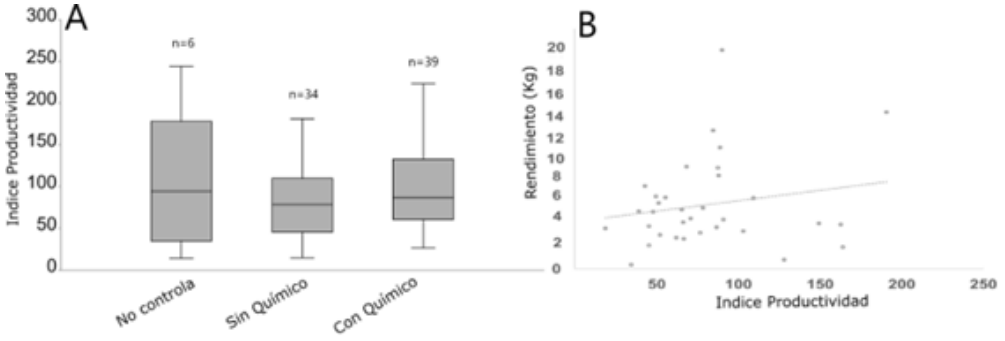

Figura 7. Relación entre tratamientos y rendimiento. (A) tratamientos vs. índice de productividad, (B) índice de productividad vs. rendimiento.

Muchas veces los análisis de polinizadores se centran exclusivamente en las abejas, sin embargo, en este estudio se resalta el rol de otros grupos como estas moscas. En comparación con las abejas, las moscas son menos sensibles a la degradación y fragmentación del hábitat. Por tanto, su papel como polinizadores en hábitats agrícolas degradados se potencializa mucho más (Chakraborty et al., 2021). Estudios como los de Garibaldi et al. (2020), han demostrado que el rendimiento de los cultivos aumenta linealmente con la riqueza de polinizadores (cantidad de especies). En el caso de *L. mutabilis*, Caligari et al. (2000), han reportado que existiría al menos un 58,8% de exogamia, misma que podría ser aprovechada por la diversidad de insectos que visitan las flores de este cultivo. Justamente esa diversidad de insectos observados durante la floración provoca la necesidad de desarrollar una metodología que confirme la efectividad que estos insectos pueden tener sobre la polinización de Lupinus.

Efecto de los pesticidas sobre rendimiento y posible sobrecompensación

El número de ramas, registrada como variable respuesta-daño, fue mayor en campos con aplicación de químicos (Figura 6B). Esto sugiere que el uso de los químicos analizados no afecta directamente a las plagas en cuestión (Anthomyiidae, Agromyzidae y polillas). Al parecer, el ataque de estas plagas predispone a la planta a una reacción que al final puede repercutir positivamente en el rendimiento (García and Eubanks, 2019). Se compararon los datos promedio de número de vainas/plantas sanas vs. plantas atacadas por barrenadores y estas últimas tuvieron 70% más flores que las plantas sanas. La hipótesis es que el ataque de los barrenadores no tiene un impacto negativo decisivo al limitar el crecimiento del eje central, pues del total de plantas evaluadas el 95% tuvo el ataque de estas plagas. Sin embargo, la herbivoría de estos insectos provoca un incremento de ramas laterales, un mayor número de flores y vainas lo que en teoría

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

potencia la productividad.

Este posible efecto de sobrecompensación necesita analizarse a profundidad (año 2 de este experimento), para comprender cuál es el umbral de daño tomando en cuenta las variables de incidencia y severidad. No obstante, existen reportes sobre el efecto de sobrecompensación al duplicar los rendimientos (comparando plantas sanas vs. plantas afectadas) (Poveda et al., 2018), además de meta-análisis que muestran evidencia de sobrecompensación vegetativa y reproductiva. La comprensión de estos mecanismos subyacentes pueden ser una vía de investigación para mejorar el manejo integrado de plagas y limitar el uso de insecticidas (García and Eubanks, 2019).

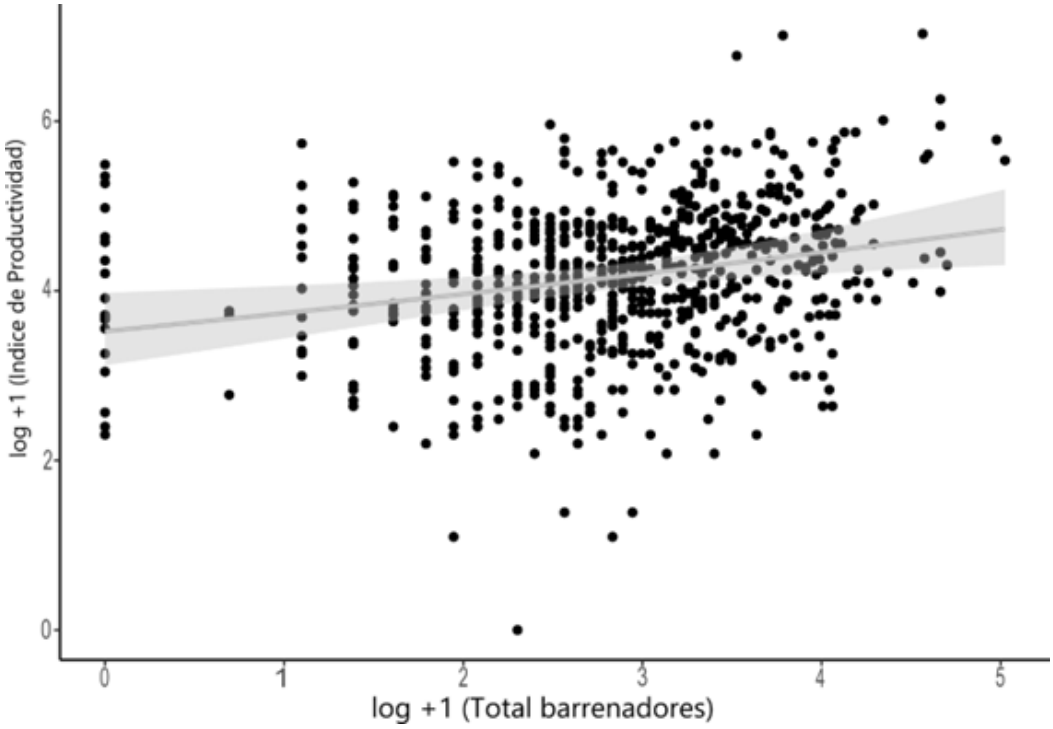

Figura 8. Relación entre el índice de productividad y el número total de plagas barrenadoras encontradas dentro de las plantas evaluadas (n = 770).

En conclusión, las interrelaciones entre los insecticidas, plagas, polinizadores y productividad del cultivo en el agro sistema analizado no se cumplen tal como están representadas anteriormente en la Figura 1. El uso de insecticidas tiene como objetivo directo controlar plagas (a), pero como se demostró, los insecticidas comerciales más recomendados en el mercado para el cultivo de chocho no tienen un efecto claro de control sobre las plagas analizadas. La ecología de las principales plagas de chocho, que se desarrollan barrenando tallos y otros órganos, limita en parte las estrategias de control que se pueden aplicar independientemente.

En este punto también es necesario tomar en cuenta que la aplicación de insecticidas también afecta los enemigos naturales (ej. microhimenópteros Pteromalidae), encontrados durante el muestreo destructivo. Por otro lado, se espera que los insectos plaga tengan un efecto negativo sobre la productividad (d), pero esto también puede ser relativo, pues deben considerarse mecanismos subyacentes como la sobrecompensación.

Con respecto a la relación uso de insecticidas-polinizadores (b), es por demás conocido el efecto dañino del uso de químicos sobre los polinizadores (Sánchez-Bayo and Wyckhuys, 2019). Sin embargo,

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

para entender mucho más estos efectos se necesita profundizar en las interacciones polinizador-planta, que para el caso de plantas de uso agrícola son altamente especializadas (Aguado et al., 2019). Esto permitirá entender mejor las relaciones ecológicas implícitas. Con respecto a la relación plaguicidas-productividad, como lo muestra Scarlato et al. (2022), el uso de pesticidas (especialmente insecticidas), no siempre tienen una relación fuerte con los rendimientos del cultivo analizado.

Es importante que los resultados como los de este estudio puedan transmitirse a los agricultores (Wyckhuys et al., 2019). En este caso específico, las evidencias del pobre o casi nulo efecto de control que tienen los insecticidas sobre las plagas o el conocimiento sobre mecanismos como la sobrecompensación pueden contribuir a reducir el uso y dependencia de los agroquímicos. Además, la parte social y la investigación participativa jugaron un papel determinante en este estudio, específicamente sobre la aplicación de tratamientos. Esto debido a que para algunos casos los agricultores no atendieron a tiempo a las recomendaciones de los investigadores y las plagas complicaron la salud de sus cultivos. Llevar a cabo una investigación participativa ayuda a entender la variabilidad y heterogeneidad del campo; sin embargo, esto puede ser un gran reto, precisamente por la inmensa variabilidad que aumenta con las decisiones de cada agricultor. El año 2021 fue un año bastante atípico en los niveles de precipitación y temperatura, lo que influye en la biología de las plantas, las plagas y los polinizadores.

Agradecimientos

Este trabajo recibió ayuda del Instituto Francés para la Investigación y Desarrollo IRD, y la Fundación Mcknight programa CRFS (EEUU, https://www.ccrp.org/), en el marco del proyecto de investigación: Agro-ecological Management of crop Insects: towards a sustainable collective GOal for Farmers (AMIGO). Además, se agradece a los asistentes de campo y agricultores que consintieron ser parte del estudio.

Contribución de los autores

D.M: Conceptualización, Curación de datos, Investigación, Metodología, Administración de proyecto, Software, Validación, Escritura– borrador original; J.C.: Conceptualización, Investigación, Metodología, Supervisión, Validación, Escritura– revisión y edición; T.C.: Curación de datos, Análisis formal, Metodología, Software, Escritura– revisión y edición; I.N.: Curación de datos, Análisis formal, Metodología, Software, Escritura– revisión y edición; O.D.: Conceptualización, Curación de datos, Adquisición de financiación, Investigación, Metodología, Administración de proyecto, Recursos, Supervisión, Validación, Escritura– revisión y edición.

Referencias

Aga, A. (2018). Merchants of knowledge: Petty retail and differentiation without consolidation among farmers in maharashtra, india. *Journal of Agrarian Change*, 18(3):658–676. Online:https://n9.cl/8a1cxr.

Aguado, D., Gutierrez-Chacón, C., and Muñoz, M. (2019). Estructura funcional y patrones de especialización en las relaciones planta-polinizador de un agroecosistema en el valle del cauca, colombia. *Acta biológica colombiana*, 24(2):331–342. Online:https://n9.cl/smtz2.

Aizen, M., Garibaldi, L., Cunningham, S., and Klein, A. (2009). How much does agriculture depend on pollinators? lessons from long-term trends in crop production. *Annals of botany*, 103(9):1579–1588. Online:https://n9.cl/68tuya.

Alandia, G. (2018). *Los caminos del tarwi y la integración andina: Bolivia, Perú y Ecuador*. Ipdrs, HIVOS y Cipca Altiplano.

Ali, M., Bari, M., Haque, S., Kabir, M., Afrin, S., Nowrin, F., Islam, M., and Landis, D. (2019). Establishing next-generation pest control services in rice fields: eco-agriculture. *Scientific reports*, 9(1):10180. Online:https://n9.cl/043qob.

Berni, I., Menouni, A., El, I., Duca, R., Kestemont, M., Godderis, L., and Jaafari, S. (2021). Understanding farmers' safety behavior regarding pesticide use in morocco. *Sustainable Production and Consumption*, 25:471–483. Online:https://n9.cl/avoud3.

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

Botías, C. and Sánchez-Bayo, F. (2018). Papel de los plaguicidas en la pérdida de polinizadores. *Ecosistemas*, 27(2):34–41. Online:https://n9.cl/9f3an.

Budzinski, H. and Couderchet, M. (2018). Environmental and human health issues related to pesticides: from usage and environmental fate to impact. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(15):14277–14279. Online:https://n9.cl/szbg0.

Busse, M., Zoll, F., Siebert, R., Bartels, A., Bokelmann, A., and Scharschmidt, P. (2021). How farmers think about insects: perceptions of biodiversity, biodiversity loss and attitudes towards insect-friendly farming practices. *Biodiversity and conservation*, 30:3045–3066. Online:https://n9.cl/00tiup.

Caicedo, V. and Peralta, I. (2000). *Zonificación potencial, sistemas de producción y procesamiento artesanal del chocho (Lupinus mutabilis Sweet) en Ecuador*. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina.

Caligari, P., Römer, P., Rahim, M., Huyghe, C., Neves-Martins, J., and Sawicka-Sienkiewicz, E. (2000). *The potential of Lupinus mutabilis as a crop*, chapter Linking research and marketing opportunities for pulses in the 21st century: Proceedings of the third international food legumes research conference, pages 569–573.

Catarino, R., Bretagnolle, V., Perrot, T., Vialloux, F., and Gaba, S. (2019). Bee pollination outperforms pesticides for oilseed crop production and profitability. *Proceedings of the Royal Society B*, 286(1912):20191550. Online:https://n9.cl/ajrbl.

Chakraborty, P., Chatterjee, S., Smith, B., and Basu, P. (2021). Seasonal dynamics of plant pollinator networks in agricultural landscapes: how important is connector species identity in the network? *Oecologia*, 196(3):825–837. Online:https://n9.cl/wb0j2.

Chemnitz, C. (2022). *Pestizidatlas: Daten und Fakten zu Giften in der Landwirtschaft*. Heinrich-Böll-Stiftung.

Chivian, E. and Bernstein, A. (2015). *Preservar la vida: de cómo nuestra salud depende de la biodiversidad*. Fondo de Cultura Económica.

Cowling, W., Buirchell, B., and Tapia, M. (1998). *Lupin: Lupinus albus promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research.

Damte, T. and Tabor, G. (2015). Small-scale vegetable producers' perception of pests and pesticide uses in east shewa zone, ethiopia. *International Journal of Pest Management*, 61(3):212–219. Online:https://n9.cl/f01ox.

de Oliveira, A., Junqueira, C., and Augusto, S. (2019). Pesticides affect pollinator abundance and productivity of sunflower (helianthus annuus l.). *Journal of Apicultural Research*, 58(1):2–8. Online:https://n9.cl/pdzin3.

Dunn, L., Lequerica, M., Reid, C., and Latty, T. (2020). Dual ecosystem services of syrphid flies (diptera: Syrphidae): pollinators and biological control agents. *Pest management science*, 76(6):1973–1979. Online:https://n9.cl/v799v.

Egan, P., Dicks, L., Hokkanen, H., and Stenberg, J. (2020). Delivering integrated pest and pollinator management (ippm). *Trends in Plant Science*, 25(6):577–589. Online:https://n9.cl/rpf74.

FAO (2017). Pesticide use, our world in data. FAO. Online:https://n9.cl/vgms3.

Forister, M., Pelton, E., and Black, S. (2019). Declines in insect abundance and diversity: We know enough to act now. *Conservation Science and Practice*, 1(8):e80. Online:https://n9.cl/4iztx.

García, L. and Eubanks, M. (2019). Overcompensation for insect herbivory: a review and meta-analysis of the evidence. *Ecology*, 100(3):e02585. Online:https://n9.cl/1p1uz.

Garibaldi, L., Carvalheiro, L., Vaissière, B., Gemmill-Herren, B., Hipólito, J., Freitas, B., Ngo, H., Azzu, N., Sáez, A., and Åström, J. (2016). Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Science*, 351(6271):388–391. Online:https://n9.cl/5d6lg.

Garibaldi, L., Sáez, A., Aizen, M., Fijen, T., and Bartomeus, I. (2020). Crop pollination management needs flower-visitor monitoring and target values. *Journal of Applied Ecology*, 57(4):664–670. Online:https://n9.cl/2x47x.

Gould, F., Brown, Z., and Kuzma, J. (2018). Wicked evolution: Can we address the sociobiological dilemma of pesticide resistance? *Science*, 360(6390):728–732. Online:https://n9.cl/6bon4.

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

Goulson, D. (2019). The insect apocalypse, and why it matters. *Current Biology*, 29(19):R967–R971. Online:https://n9.cl/olrlo4.

Hammer, Ø., Harper, D., and Ryan, P. (2001). Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1):1–9. Online:https://n9.cl/68tuya.

Heinz, K., Parrella, M., and Newman, J. (1992). Time-efficient use of yellow sticky traps in monitoring insect populations. *Journal of Economic Entomology*, 85(6):2263–2269. Online:https://n9.cl/s0f9p.

Hernández, A., Gil, F., and Lacasaña, M. (2017). Toxicological interactions of pesticide mixtures: an update. *Archives of toxicology*, 91:3211–3223. Online:https://n9.cl/wzje2.

Inaturalist (2022). Inpo-chocho (insectos polinizadores del chocho). iNaturalist. Online:https://n9.cl/j818t.

INEC (2015). Estadísticas agropecuarias. INEC. Online:https://n9.cl/y21b.

Jallow, M., Awadh, D., Albaho, M., Devi, V., and Thomas, B. (2017). Pesticide risk behaviors and factors influencing pesticide use among farmers in kuwait. *Science of the total environment*, 574:490–498. Online:https://n9.cl/421z7j.

Khan, M., Mahmood, H., and Damalas, C. (2015). Pesticide use and risk perceptions among farmers in the cotton belt of punjab, pakistan. *Crop Protection*, 67:184–190. Online:https://n9.cl/4rp16.

Klein, A., Vaissière, B., Cane, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S., Kremen, C., and Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274(1608):303–313. Online:https://n9.cl/schcs.

Magrach, A., Champetier, A., Krishnan, S., Boreux, V., and Ghazoul, J. (2019). Uncertainties in the value and opportunity costs of pollination services. *Journal of Applied Ecology*, 56(7):1549–1559. Online:https://n9.cl/azsye.

Mengistie, B., Mol, A., and Oosterveer, P. (2017). Pesticide use practices among smallholder vegetable farmers in ethiopian central rift valley. *Environment, Development and Sustainability*, 19:301–324. Online:https://n9.cl/umfug.

Miguel-Peñaloza, A., Delgado-Salinas, A., and Jiménez-Durán, K. (2019). Pollination biology and breeding system of desmodium grahamii (fabaceae, papilionoideae): functional aspects of flowers and bees. *Plant Systematics and Evolution*, 305:743–754. Online:https://n9.cl/jkmkg.

Mina, D., Struelens, Q., Carpio, C., Rivera, M., Rebai, N., Rebaudo, F., and Dangles, O. (2017). Lupin pest management in the ecuadorian andes: current knowledge and perspectives. *Outlooks on Pest Management*, 28(6):250–256. Online:https://n9.cl/wp8hs.

Nicklin, C., Rivera, M., and Nelson, R. (2006). Realizing the potential of an andean legume: roles of market-led and research-led innovations. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 4(1):61–78. Online:https://n9.cl/p3s6j.

Pacífico da Silva, I., Oliveira, F., Pedroza, H., Gadelha, I., Melo, M., and Soto-Blanco, B. (2015). Pesticide exposure of honeybees (apis mellifera) pollinating melon crops. *Apidologie*, 46:703–715. Online:https://n9.cl/pcgb8.

Padron, P., Vásquez, C., Durán, S., Pezo, K., Loyola, N., and Junghanns, A. (2021). Use of colored pan traps method for monitoring insect (diptera and hymenoptera) diversity in the southern tropical andes of ecuador. *International Journal of Tropical Insect Science*, 41:643–652. Online:https://n9.cl/rbyekd.

Pan, Y., Ren, Y., and Luning, P. (2021). Factors influencing chinese farmers' proper pesticide application in agricultural products-a review. *Food Control*, 122:107788. Online:https://n9.cl/r12wx.

Potts, S., Biesmeijer, J., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., and Kunin, W. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in ecology y evolution*, 25(6):345–353. Online:https://n9.cl/kbf401.

Poveda, K., Díaz, M., and Ramírez, A. (2018). Can overcompensation increase crop production? *Ecology*, 99(2):270–280. Online:https://n9.cl/98jm3.

Sánchez-Bayo, F. and Wyckhuys, K. (2019). Qué provoca el declive de los insectos. *Investigacion y Ciencia*, 517:12–14. Online:https://n9.cl/ezu5la.

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

Saunders, M. and Luck, G. (2013). Pan trap catches of pollinator insects vary with habitat. *Australian Journal of Entomology*, 52(2):106–113. Online:https://n9.cl/1xjra.

Sawe, T., Nielsen, A., and Eldegard, K. (2020). Crop pollination in small-scale agriculture in tanzania: Household dependence, awareness and conservation. *Sustainability*, 12(6):2228. Online:https://n9.cl/2moi8.

Scarlato, M., Dogliotti, S., Bianchi, F., and Rossing, W. (2022). Ample room for reducing agrochemical inputs without productivity loss: the case of vegetable production in uruguay. *Science of the Total Environment*, 810:152248. Online:https://n9.cl/ppl6v.

Shah, N., Junejo, I., Hullio, M., Maitlo, S., Daar, J., and Rajput, S. (2020). Evaluation of colored sticky traps for monitoring the population of whitefly bemisia tabaci (gennadius) on brinjal crop. *Pakistan journal of agricultural research*, 33(2):327–330. Online:https://n9.cl/4m7b8.

Sherwood, S., Cole, D., Crissman, C., and Paredes, M. (2005). From pesticides to people: improving ecosystem health in the northern andes. *The Pesticide Detox: towards a more sustainable agriculture*, pages 147–164. Online:https://n9.cl/o6d5u.

SINAGAP (2014). Resumen ejecutivo, zonificacion agroecológica económica del cultivo de chocho en ecuador, escala 1:250.000, 2014. Technical report, SINAGAP. Online:https://n9.cl/888qr.

Stanley, D., Garratt, M., Wickens, J., Wickens, V., Potts, S., and Raine, N. (2015). Neonicotinoid pesticide exposure impairs crop pollination services provided by bumblebees. *Nature*, 528(7583):548–550. Online:https://n9.cl/24v8ne.

Stenberg, J. (2017). A conceptual framework for integrated pest management. *Trends in plant science*, 22(9):759–769. Online:https://n9.cl/jtkey6.

Struelens, Q., Mina, D., and Dangles, O. (2021). Combined effects of landscape composition and pesticide use on herbivore and pollinator functions in smallholder farms. *CABI Agriculture and Bioscience*, 2(7):1–9. Online:https://n9.cl/x7d80.

Temreshev, I., Esenbekova, P., Kenzhegaliev, Y., Sagitov, A., Muhamadiev, N., and Homziak, J. (2017). Diurnal insect pollinators of legume forage crops in southeastern kazakhstan. *International Journal of Entomology Research*, 2(2):17–30. Online:https://n9.cl/8bkp6.

Wen, X., Ma, C., Sun, M., Wang, Y., Xue, X., Chen, J., Song, W., Li-Byarlay, H., and Luo, S. (2021). Pesticide residues in the pollen and nectar of oilseed rape (brassica napus l.) and their potential risks to honey bees. *Science of the Total Environment*, 786:147443. Online:https://n9.cl/0ngjr.

Willett, D., Filgueiras, C., Nyrop, J., and Nault, B. (2020). Field monitoring of onion maggot (delia antiqua) fly through improved trapping. *Journal of Applied Entomology*, 144(5):382–387. Online:https://n9.cl/kjpjkq.

Wyckhuys, K., Heong, K., Sanchez-Bayo, F., Bianchi, F., Lundgren, J., and Bentley, J. (2019). Ecological illiteracy can deepen farmers' pesticide dependency. *Environmental Research Letters*, 14(9):093004. Online:https://n9.cl/4usqq6.

Zibaee, A. and Malagoli, D. (2020). The potential immune alterations in insect pests and pollinators after insecticide exposure in agroecosystem. *Invertebrate Survival Journal*, pages 99–107. Online:https://n9.cl/klsm3.

©2025, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.