

Efecto del metaldehído, extractos botánicos, y sal común sobre el gasterópodo (*Sarasinula plebeia*) en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) voluble var. Rojo Bolón

Effect of metaldehyde, botanical extracts, and common salt on gastropod (*Sarasinula plebeia*) of common beans (*Phaseolus vulgaris*) voluble var. "Rojo Bolón" in two growth cycles

Carlos Andrés Bolaños Carriel¹, Eliana Granja Guerra², Francisco Hernán Chancusig², Guadalupe Rosario Sigcha Yanchaliquin², Néstor Santiago Luzón Toscano²

¹Universidad Central del Ecuador, Ecuador

²Universidad Técnica del Cotopaxi, Ecuador

Autor de correspondencia: cabolanosc@uce.edu.ec

Recibido: 21/09/2024. Aceptado: 14/06/2025.

Publicado el 02 de julio de 2025

Resumen

El fréjol (*Phaseolus vulgaris*) es una fuente importante de proteína a nivel mundial. Entre sus principales plagas se encuentra el gasterópodo *Sarasinula plebeia*. Este estudio evaluó la efectividad del control químico, físico y botánico de esta plaga en fréjol variedad voluble. Se aplicaron cuatro tratamientos: metaldehído (0,5 g/planta y 1 g/planta), extracto de ruda y romero, y sal común, bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en dos ciclos de cultivo (2023 y 2024). Se empleó un modelo de mediciones repetidas, y el modelo de Toeplitz fue el que mejor ajustó los datos (AIC = 2.452,95; BIC = 2.491,58). Los tratamientos mostraron diferencias significativas ($p < 0,0001$), siendo el más eficaz el metaldehído. Aunque los controles botánico y físico también redujeron la población de gasterópodos, el extracto botánico fue más efectivo que la sal común en 2023. Se concluye que una estrategia de manejo integrado, que combine diferentes métodos, es más eficaz para reducir las poblaciones de *S. plebeia* y mitigar el daño en cultivos de fréjol, especialmente en sistemas de labranza reducida.

Palabras clave: Gasterópodo, fréjol, Criterio de Información de Akaike (AIC), daño, plaga, mortalidad.

Abstract

Common bean (*Phaseolus vulgaris*) is an important source of protein worldwide. The gastropod *Sarasinula plebeia* is troublesome pest that can cause serious damage. This study evaluated the effectiveness of chemical, physical, and botanical control methods against *S. plebeia* in common bean. Four treatments were applied: metaldehyde (0.5 g/plant and 1 g/plant), rue and rosemary extract, and common salt, using a randomized complete block design (RCBD) with four replications over two growing seasons (2023 and 2024). A repeated measures model was used, and the Toeplitz structure provided the best fit to the data (AIC = 2,452.95; BIC = 2,491.58). The treatments showed significant differences ($p < 0.0001$), with metaldehyde being the most effective. Although botanical and physical controls also reduced gastropod populations, the botanical extract was more effective than physical in 2023. The study concludes that an integrated management strategy combining different control methods is more effective in reducing *S. plebeia* populations and minimizing crop damage, especially under reduced tillage systems.

Keywords: Gastropod, common beans, Akaike Information Criterion (AIC), damage, pest, mortality.

Introducción

La producción agrícola y sus prácticas están estrechamente relacionadas con el desarrollo humano y tienen un propósito específico, que es proporcionar suficientes alimentos para sustentar el crecimiento demográfico (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2021). Además, la agricultura desempeña un papel clave en los ecosistemas y contribuye a la conservación de la biodiversidad al producir frutas y forrajes como alimento para los animales (Vinces, 2020).

Los pesticidas químicos, seguirán siendo parte de prácticas de manejo de cultivos que pueden resultar menos costosas que otras estrategias; sin embargo, han ocasionado resistencia en poblaciones de insectos, y cambios bruscos en la flora, microfauna y microorganismos del suelo y rizósfera (Silva *et al.*, 2002; Vásquez, 1999). A su vez la agricultura ecológica, utiliza implementos no convencionales minimizando los altos costos ambientales y sociales del uso de pesticidas, que requieren consideración de los efectos ambientales y de salud, puesto que a lo largo del tiempo no solo afectan al medio ambiente sino también la salud del ser humano (Espinosa da Silva *et al.*, 2022).

Los gasterópodos, comúnmente conocidas como babosas, son especies de animales en el *Phylum Mollusca* con cerca de 75.000 especies que, en algunos casos pueden vivir cerca de seis años (Oregon State University Extension Service, 2010). El estudio de gasterópodos plaga tanto en su biología como su control es muy limitado, por lo que resulta indispensable ampliar el conocimiento sobre el manejo de esta especie. Los extractos botánicos o vegetales constituyen una alternativa agroecológica de manejo poblacional de moluscos plagas y pueden influir en la protección sostenible de muchos cultivos (Hagne, 2015). Los extractos botánicos son una excelente opción para combatir y repeler gasterópodos, por ejemplo, el ají y la ruda han demostrado tener propiedades molusquicidas (Maza *et al.*, 2013). Estos autores determinaron que la efectividad del extracto de ají puro en la mortalidad de babosas, por la inhibición de la alimentación, alcanzó sobre el 90 %. La acción de disuasión alimentaria del ají en los moluscos podría estar relacionada con la presencia de capsaicinoides, sustancias pungentes y componentes activos característicos de todas las variedades de ají, que provocan una irritación severa en los invertebrados hasta causarles la muerte (Parvez, 2017).

Otro de los métodos utilizado en el control de babosas incluye el uso de métodos físicos, los cuales implican una acción directa sobre el animal eliminándolo. La sal elimina las babosas pero es un método poco usado en grandes áreas por el riesgo de salinidad. Sin embargo, en la agricultura agroecológica podría ser una alternativa viable. Este es un método directo al pasar los gasterópodos por encima del cloruro de sodio, se deshidratan y mueren de inmediato. Para este tratamiento se colocan varios montículos en el suelo a 15 a 20 cm, en lo posible al atardecer, y tratar de no regar

las plantas por un par de días esto hará que los gasterópodos salgan buscando la humedad y será cuando pasaran por la sal (Chasi-Perez, 2017).

En la zona en estudio, provincia de Cotopaxi, el control químico de gasterópodos se realiza con Metaldehído (25 a 50 kg por hectárea), un producto de uso corriente como molusquicida granulado, con gran poder atrayente, que basta con administrar una pequeña cantidad cerca de la planta y los gasterópodos se encargan de salir y comer el producto causando su muerte (García Chacón, 2014).

El fréjol (*Phaseolus vulgaris*) es una de las leguminosas más cultivadas en el Ecuador. Es un cultivo sensible al exceso de humedad y fácilmente afectado por el frío y los cambios bruscos de temperatura. Desde el punto de vista de su fertilización, el cultivo del fréjol no exige mucho al suelo, pero se ve fácilmente afectado por enfermedades de raíz y de tallo que limitan su rendimiento (Beaver y Osorno, 2009). En el Ecuador, en la época lluviosa (febrero-junio), el rendimiento del frijol es mayor, factor muy dependiente del material genético utilizado, la desventaja es una mayor incidencia de plagas y enfermedades, lo que se limita con plaguicidas aumentando los costos de producción (Garcés-Fiallos *et al.*, 2013).

Entre las plagas que afecta a este cultivo encontramos a *S. plebeia* el cual afecta principalmente plantulas y plantas jóvenes. Las pérdidas por babosas ocurren por la alimentación de la plaga de hojas tiernas y vainas. En muchas partes del mundo, diversos ecosistemas han sido reemplazados por agroecosistemas que son más susceptibles a los ataques de plagas, por lo que los cultivos necesitan protección fitosanitaria para satisfacer la demanda de alimentos. Así también, el problema de caracoles y gasterópodos en los cultivos orgánicos se incrementa debido al uso de cultivos de cobertura (Le Gall y Tooker, 2017).

Las limitaciones a gran escala se resaltan la necesidad de considerar alternativas más sostenibles, estos métodos que se utilizó como biológico y químico ofrecen opciones con menos efectos secundarios. Se puede decir que el manejo agroecológico en las prácticas agrícolas convencionales a través de la educación y un enfoque de el Manejo Integrado de Plagas (MIP) se puede llevar a un control más efectivo y sostenible de las plagas.

El MIP sugiere una combinación armoniosa de diferentes estrategias (biológicas-botánicas, químicas, culturales y físicas) el cual tiene como objetivo reducir la dependencia de pesticidas sintéticos y minimizar el daño al medio ambiente (Zhou *et al.*, 2024). El MIP es un sistema que incluye varios métodos y procesos, que combinados reducen al mínimo los daños causados por las plagas, enfermedades y malezas, evitando de esta manera el deterioro del ambiente.

El conocimiento ancestral ha permitido el desarrollo de estrategias agroecológicas basadas en el uso de extractos biológicos autóctonos, que pueden disminuir la dependencia de agroquímicos cada vez más costosos y concentrados. Sin

embargo, el uso indiscriminado de pesticidas ha provocado una mayor resistencia en los insectos y enfermedades, y ha eliminado a los enemigos naturales de las plagas (Ramón y Rodas, 2007).

Si bien los métodos químicos ofrecen resultados rápidos, su efectividad a largo plazo y su impacto ambiental son preocupantes. Por otro lado, los métodos biológicos y botánicos, aunque pueden requerir más tiempo y atención, representan una opción más sostenible y menos perjudicial para el medio ambiente, contribuyendo a un manejo más equilibrado y responsable de las plagas (Olin Fabela *et al.*, 2024).

Dado que los gasterópodos son una plaga de importancia para el cultivo del fréjol en el Ecuador; por tanto, los objetivos de esta investigación fueron i) determinar la efectividad del control químico, físico y botánico dentro del manejo del gasterópodo en cultivo de fréjol variedad voluble para reducir el daño de esta plaga, ii) determinar los niveles de infestación del gasterópodo (*Sarasinula plebeia*) en el cultivo de fréjol variedad voluble, y iii) analizar la mortalidad corregida del gasterópodo usando mediciones repetidas y estructuras de covarianza para ajustar a los datos del ensayo en ambos ciclos.

Materiales y métodos

Sitio Experimental

Este estudio se llevó a cabo durante dos periodos de cultivo (2023 y 2024), en el recinto Palo blanco-Parroquia Ramón Campaña-Cantón Pangua, Provincia de Cotopaxi, cuyas coordenadas son Latitud 1° 03' 0,01" S, Longitud 79° 07'

06,2" W. El sitio del ensayo tiene una altitud promedio de 1.075 m s.n.m., y con una precipitación aproximada de 2.853 mm anuales, y una temperatura promedio de 19-24 °C.

El área experimental fue de 34,5 m², divididas 4 hileras, para la preparación del terreno se realizó mediante azada y machete 8 días antes de la siembra en sistema de labranza reducida. Se utilizó semillas de fréjol variedad voluble, las semillas fueron previamente secas, la cual se sembró el 28 de marzo del 2023 y el 20 de abril del 2024. En ambos años la siembra se realizó en labranza reducida, de forma manual utilizando machete, y colocando 2 a 3 semillas por hoyo. El distanciamiento de siembra utilizado fue de 40 cm entre plantas y 60 cm entre hileras en ambos ciclos de cultivo.

Antes de la implementación del ensayo, se realizó el conteo de gasterópodos. La determinación del estadio del gasterópodo y número de la población de gasterópodos se realizó de acuerdo con Salazar-Rojas y Granados-Muñoz (2018), considerando que los huevos tienen forma ovoide con coloraciones distintas debido al estado de desarrollo, gasterópodo juvenil: aumento del crecimiento, complejidad de las gónadas y la aparición de células formadoras de esperma, y adulto: donde se da la reproducción de los gasterópodos, el cual son hermafroditas, no obstante, el esperma y el ovulo maduran en distinto periodo, el cual se da una fase como macho y una fase como hembra. Las unidades experimentales se ajustaron de modo que el número inicial de babosas fue uniforme en cada unidad experimental.

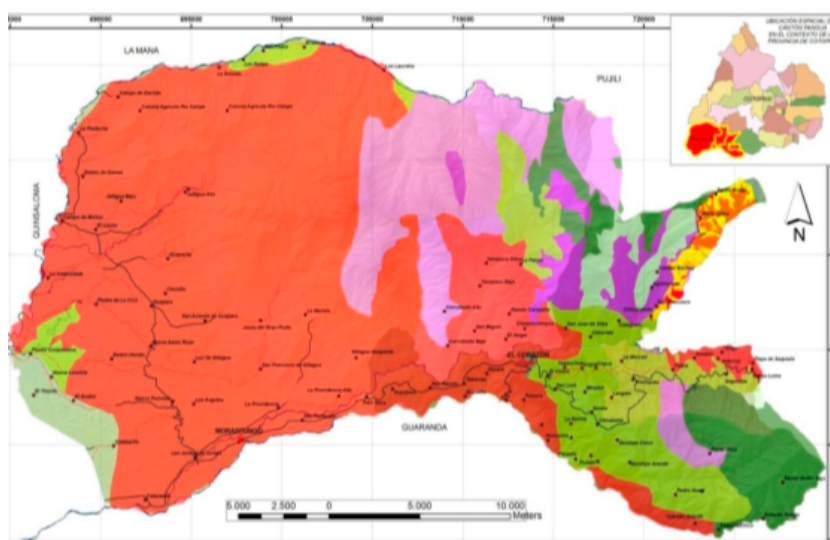


Figura 1. Mapa del cantón Pangua, provincia del Cotopaxi donde se realizó el estudio Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Pangua, 2018)

Diseño experimental

El experimento de campo en ambos ciclos de cultivo consistió en un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, los tratamientos del estudio fueron Metaldehído (0,5 g /planta) + Score 0,15 ml/ l, Metaldehído (1 g /planta), extracto de ruda + romero 30 ml / l en drench (2 litros por planta total 60 ml por planta), y sal común (1 g / planta). Todos los tratamientos fueron aplicados dos veces durante el ciclo del cultivo en estado vegetativo. Los productos fueron aplicados en forma de círculo al contorno de las unidades experimentales del estudio (plantas) en espolvoreo para los productos sólidos, y en drench para el producto líquido.

Número de gasterópodos muertos y ajuste de mortalidad

Durante las informaciones recolectadas en el ciclo del cultivo, para los gasterópodos muertos se realizó toma de datos cada 3 días, tomando en cuenta su ciclo de vida en este caso: huevo, gasterópodo juvenil y gasterópodo adulta dentro del cultivo de fréjol variedad voluble. A fin de asegurar que los valores de mortalidad obtenidos sean por el efecto letal de los plaguicidas evaluados, se realizó la corrección de la mortalidad través de la fórmula de Abbott (1925):

$$Mc = \frac{(X-Y)}{X}$$

Donde:

Mc = Mortalidad corregida

X = larvas vivas en el control

Y = larvas vivas en el tratamiento

Análisis estadístico

Para esta investigación se utilizaron modelos mixtos para mediciones repetidas para analizar datos longitudinales o con mediciones repetidas en el tiempo. Se hicieron 16 evaluaciones cada tres días (1,3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 42 y 45) (ver Tabla 1). El ADEVA, consistió en

el efecto fijo tratamiento y los efectos aleatorios (repetición = 5 y tiempo = 16). En cuanto a la estructura de covarianza en mediciones repetidas con los modelos de simetría compuesta, autoregresivo, Toeplitz, y ante dependencia fueron usados para la modelación de la estructura de covarianza entre observaciones tomadas en periodos de tiempo igualmente espaciados, y mediante la inclusión de efectos aleatorios en el modelo. El método de diferencia mínima significativa (LSD-Fisher) fue usado para separar las medias de los tratamientos. Todos los análisis fueron realizados con el software SAS versión 9.4 (Cary, North Carolina).

Resultados

Debido a que cada unidad experimental fue medida varias veces en el tiempo se utilizó patrones de covarianza para mediciones repetidas (Littell, 2006). Se identificó la estructura de covarianza más apropiada para el set de datos usando las medidas de estadística de ajuste. El ajuste relativo de diferentes patrones de covarianza que se contrastan se realizó analizando los criterios de información “Akaike’s information criterion (AIC)” y “Bayesian Information Criterion (BIC)”. Los modelos de simetría compuesta, autoregresivo, Toeplitz, y ante dependencia convergieron exitosamente. La estructura de covarianza no estructurada, a pesar de ser la estructura más simple, no generó salida para los efectos, porque la matriz de orden dentro de sujetos lleva a la falta de procesos de optimización requeridos para completar el análisis. Por tanto, la rutina de optimización no mejoró los valores de función.

En el análisis realizado mediante el procedimiento GLIMMIX, se utilizó un modelo de Toeplitz completo, con una distribución de respuesta gaussiana y la técnica de estimación REML. Para el ajuste de los grados de libertad, se empleó el método de Kenward-Roger. Se leyeron un total de 800 observaciones. El proceso de estimación implicó 62 iteraciones, con una función objetivo que osciló entre 2.436 y 2.352. Finalmente, se alcanzó la convergencia según el criterio establecido (GCONV=1E-8).

Tabla 1. Resumen de estadísticas de ajuste del modelo Toeplitz para el estudio de Manejo integrado del gasterópodo (*Sarasinula plebeia*) en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) Var. Voluble

Criterio	Ajuste	Dimensiones	
-2 Res Log Likelihood	2.352,95	R-side Cov.	50
AIC (menor es mejor)	2.452,95	Columnas X	18
AICC (menor es mejor)	2.459,85	Columnas en Z por Sujeto	0
BIC (menor es mejor)	2.491,58	Sujetos (Blques en V)	16
CAIC (menor es mejor)	2.541,58	Max. Obs. Por Sujeto	50
HQIC (menor es mejor)	2.454,92	Optimizacion Nro. Par.	49
Chi-cuadrado general	1.935,05	Tecnica	Dual Quasi-Newton
Gener. Chi-Square / DF	2,45		

Las estadísticas de ajuste muestran que el modelo se ajusta razonablemente bien: el -2 Log de Verosimilitud Residual es 2.352,95, lo que indica un buen ajuste. Se proporcionan valores de AIC (Criterio de Información de Akaike), AICC (AIC Corregido), BIC (Criterio de Información Bayesiano), CAIC (AIC Consistente) y HQIC (Criterio de Información de Hannan-Quinn) para evaluar el mejor ajuste. El Chi-Cuadrado Generalizado (1.935,05) y chi-cuadrado/ grados de libertad (2,45) proporciona medidas adicionales de ajuste del modelo.

Eficacia de los tratamientos

El modelo de Topelitz se utilizó para determinar qué tipo de tratamiento es el mejor. Se tomó datos de los tratamientos en estudio. Cada tratamiento tuvo 4 repeticiones, colocado en 16 tiempos diferentes en dos ciclos de cultivo, para verificar el efecto y eficiencia que genera cada uno con la plaga del gasterópodo (*Sarasinula plebeia*) en el cultivo de

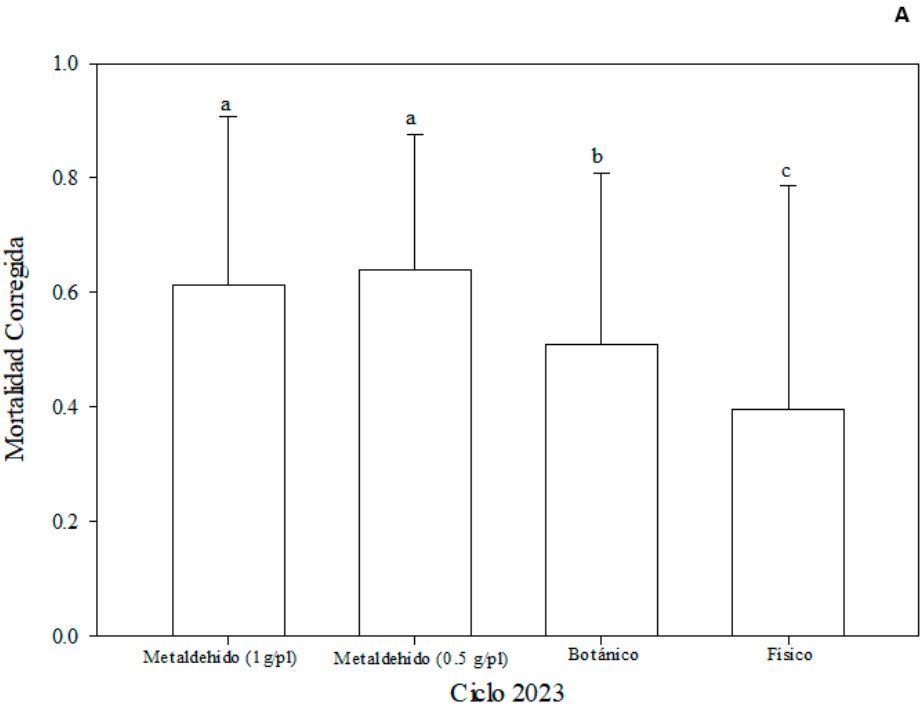
fréjol variedad voluble. El modelo generó 50 estimativos de parámetros de covarianza llegando a ajustar por mediciones repetidas a 0,8722 S.E. 0,4745 y residual de 2,4494 S.E. 0,4311.

La prueba de Tipo I de efectos fijos, determina que bajo este modelo el efecto de los tratamientos fue altamente significativo ($p < 0,0001$) sobre la variable de respuesta Mortalidad corregida (Tabla 2).

El efecto de los métodos de control químico (metaldehído), botánico (extracto de ruda + aji), y físico (sal común) en el control de *Sarasinula plebeia* en cultivo de fréjol variedad voluble, durante dos ciclos de cultivo 2023 y 2024 se resumen en la Figura 2. Los tratamientos químicos fueron los más eficaces para controlar *Sarasinula plebeia* en los dos ciclos de cultivo.

Tabla 2. Análisis de varianza para Mortalidad Corregida para el estudio de Manejo integrado del gasterópodo (*Sarasinula plebeia*) en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) Var. Voluble

Fuente	gl (numerador)	Gl (denominador)	Mortalidad corregida $pr > F$
Tratamiento	4	70,03	< 0,0001
Ciclo	1	31,91	0,0148
Tratamiento x Ciclo	4	50,44	< 0,0001



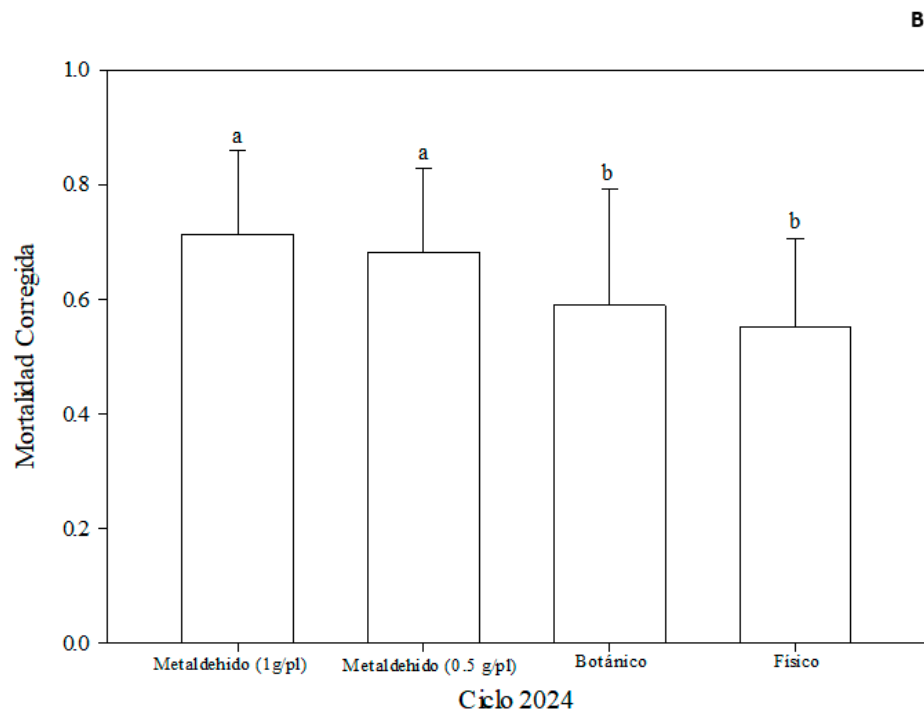


Figura 2. Medias ajustadas por Cuadrados Mínimos (LS-Means) con la desviación estándar para Mortalidad Corregida por Abbott, en el modelo de Toepitz que presenta el mejor ajuste para el estudio de manejo integrado de la babosa (*Sarasinula plebeia*) en el cultivo de fréjol var. Voluble. A) ciclo 2023, B) ciclo 2024. Letras denotan diferencias estadísticas significativas (fisher- DMS $\alpha = 0,05$)

Discusión

El uso indiscriminado de productos químicos en la agricultura ha generado una serie de efectos adversos sobre el medio ambiente, tales como la contaminación del suelo, del agua y del aire, así como un incremento en la emisión de gases de efecto invernadero (FAO, 2021). Estos impactos también se traducen en la alteración del equilibrio ecológico, provocando la reducción de poblaciones de microorganismos benéficos, el aumento de la resistencia de plagas y enfermedades, y la pérdida de biodiversidad (Altieri *et al.*, 2012). Ante esta problemática, se vuelve fundamental la implementación del MIP en las áreas agrícolas, ya que esta estrategia no solo promueve prácticas sostenibles que reducen el uso de insumos químicos, sino que también favorece la salud de los cultivos, el bienestar de los productores y la seguridad alimentaria de los consumidores (Burgo *et al.*, 2019).

El manejo integrado de plagas es crucial para los agricultores, ya que compiten en los cultivos por recursos como agua, luz y nutrientes, lo que puede afectar significativamente el rendimiento del fréjol (Pitty y Andrews, 1990). En el caso específico, de estudio, los gasterópodos se han convertido en una de las plagas más dañinas para el fréjol, ya que causan cortes en tallos, defoliación y heridas en vainas y granos, además de afectar la germinación de semillas (De Oro Aguado *et al.*, 2021).

El control efectivo de estas plagas es fundamental para garantizar una producción óptima de fréjol y asegurar la seguridad alimentaria.

En este estudio, se encontró que los tratamientos químicos fueron los más efectivos en eliminar la plaga de (*Sarasinula plebeia*) en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) Var. Voluble en los ciclos 2023 y 2024. Se evidencia que en los tratamientos botánico y físico actúan diferente, pero siendo medidas efectivas para disminuir la población de gasterópodos. Sin embargo, pudimos detectar que el control botánico fue significativamente mejor que el físico en el primer ciclo (2023), del cual se puede deducir que influyó un poco más en disminuir la presencia de la babosa (*Sarasinula plebeia*). La actividad de las babosas es básicamente nocturna, ya que la luz influye fuertemente en su hábito de sobrevivencia, lo cual este comportamiento limita a un manejo eficiente indiferente de la técnica de manejo que se aplique (Pérez-Marulanda y Giraldo-Sánchez, 2020).

En un estudio de evaluación del efecto de extractos vegetales sobre la alimentación de la babosa gris (*Deroceras reticulatum*) se encontró que los extractos acuosos de ruda, neem y ají rocoto mostraron potencial disuasivo de la alimentación con esteroides y saponinas como los metabolitos secundarios más cuantiosos en las especies de plantas y posiblemente asociados a este efecto disuasivo (López *et al.*, 2018).

Los modelos matemáticos apoyan los estudios ecológicos y el diseño de estrategias de control y la toma de decisiones, puesto que permiten aclarar y predecir los efectos de factores como los parasitoides, sobre las poblaciones plaga (Miranda, 2014).

Se estimaron parámetros de verosimilitud mediante los criterios de información AIC (Criterio de Información de Akaike), AICC (AIC Corregido), BIC (Criterio de Información Bayesiano), CAIC (AIC Consistente) y HQIC (Criterio de Información de Hannan-Quinn) permitiendo conocer el mejor modelo que se ajuste en verificar el mejor tratamiento para el MIP.

De acuerdo a los resultados estadísticos de ajuste muestran que el modelo de Toeplitz se ajusta razonablemente bien. Sin embargo, de los diferentes criterios de información estadísticos aplicados en el trabajo de estudio, el más apto y el que estima la calidad relativa la probabilidad efectiva es el AIC (Criterio de Información de Akaike) siendo propicio indicante de la Verosimilitud Residual. De acuerdo con Korner *et al.* (2015) mencionan que cuanto más pequeño sea el AIC mejor será el rendimiento predictivo del modelo. Filosóficamente, AIC es una estimación de la distancia relativa esperada entre el modelo ajustado y el verdadero mecanismo desconocido que realmente generó los datos observados.

Existen varias opciones de covarianza para establecer patrones de modelamiento de datos de mediciones repetidas. Escoger un modelo que tome en cuenta el patrón más apropiado es imprescindible para obtener conclusiones precisas. Si el análisis es demasiado simplista, corremos el riesgo de incrementar el error Tipo I y subestimar los errores estándar. Si el modelo de covarianza es muy complejo sacrificamos poder y eficiencia.

Durante el período de este estudio, las condiciones climáticas variables pueden haber influido en la actividad de las plagas, incluidas las gasterópodos. Las condiciones ambientales y los hábitos de las plagas, como la actividad nocturna de las babosas, pueden influir en la eficacia de los métodos aplicados. En la cual en el manejo de gasterópodo no solo aumenta a la sostenibilidad del sistema agrícola. Y que al considerar las condiciones ambientales y el comportamiento biológico de la babosa, se pueden desarrollar enfoques más integrados y responsables que minimicen el impacto ambiental y que se promuevan un control eficaz.

El MIP en el cultivo de fréjol implica considerar una variedad de enfoques, como el control químico, biológico, mecánico y cultural (Brenes y Flores, 2007). Esto requiere la aplicación de prácticas que van desde el uso de pesticidas hasta la implementación de métodos de control no químicos, como la eliminación de malezas y la promoción de enemigos naturales de las plagas.

Además, conocer la velocidad de crecimiento poblacional de la plaga *Sarasinula plebeia* serviría como modelo para evaluar el mejor tipo de manejo del mismo, el cual permitiría al agricultor reducir la pérdida de sus productos.

Conclusiones

Los tratamientos evaluados mostraron un efecto altamente significativo ($p < 0,0001$), lo que confirma su eficacia en la reducción del daño causado por la plaga *Sarasinula plebeia*. Los tratamientos químicos fueron los más efectivos para eliminar dicha plaga en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* var. Voluble) durante los ciclos agrícolas 2023 y 2024. Asimismo, se evidenció que los tratamientos botánico y físico actuaron de manera diferente, aunque ambos resultaron efectivos para disminuir la población de gasterópodos. Sin embargo, se observó que el control botánico fue significativamente más eficaz que el físico en el primer ciclo (2023), lo que sugiere una mayor influencia en la reducción de la presencia de *S. plebeia*. Estos hallazgos respaldan el uso del manejo integrado de gasterópodos como una estrategia sostenible y beneficiosa para los productores.

El análisis de los datos, basado en el modelo de Toeplitz y complementado con el Criterio de Información de Akaike (AIC), permitió identificar la sensibilidad del modelo estadístico utilizado, subrayando la importancia de seleccionar adecuadamente la estructura de covarianza en análisis de mediciones repetidas, para garantizar una interpretación precisa y representativa de los datos experimentales.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Laboratorio de Microbiología Vegetal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, al programa de Posgrado en Sanidad Vegetal, y al agricultor Segundo Sigcha del cantón Pangua de la Provincia de Cotopaxi.

Referencias bibliográficas

- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18(2), 265–267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- Altieri, M. A., Hecht, S., Liebman, M., Magdoff, F., Norgaard, R. y Sikor, T. O. (2012). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. <https://shorturl.at/7w5BM>
- Beaver, J. S. y Osorno, J. M. (2009). Achievements and limitations of contemporary common bean breeding using conventional and molecular approaches. *Euphytica*, 168, 145–175. <https://shorturl.at/M3trS>
- Brenes, H. y Flores, N. (2007). *Control de la babosa, espundia o lipe en época de primavera*. Plantwise. <https://tinyurl.com/ycfj8p8h>
- Burgo, A., Pérez, R. y Londoño, J. (2019). El manejo integrado de plagas como estrategia para una agricultura sostenible. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 13(1), 45–54. <https://doi.org/10.17584/rcch.2019v13i1.8629>

- Chasi Pérez, F. J. (2017). Determinación de la eficiencia de diferentes atrayentes naturales para el control del caracol gigante africano (*Achatina fulica*). [Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://tinyurl.com/4545p35j>
- Espinosa da Silva, C. E., Gahagan, S., Suarez-Torres, J., Lopez-Paredes, D., Checkoway, H. y Suarez-Lopez, J. R. (2022). Time after a peak-pesticide use period and neurobehavior among ecuadorian children and adolescents: The ESPINA study. Environmental research, 204, 112325. <https://acortar.link/A4hOEw> <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112325>
- De Oro Aguado, R. F., Sánchez Doria, T., Rubiano Rodríguez, J. A. y Sierra Baquero, P. V. (2021). Principales plagas del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Cesar, Colombia. SIDALC Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA <https://tinyurl.com/4vyhc636>
- Garcés Fiallos, F., Aguirre, R., Díaz, E., Sánchez-Mora, F. y Prieto, O. (2013). Enfermedades y componentes de rendimiento en dieciséis genotipos de fréjol en Quevedo, Ecuador. Revista Ciencia y Tecnología. 6- 2 (31-39). <https://shorturl.at/GbsrK>
- García Chacón, G. L. (2014). Población y control de caracol en el cultivo papaya, en san antonio, Santa Rosa. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala]. <https://tinyurl.com/p8u2n34z>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Pangua. (2018). Plan de Ordenamiento Territorial Pangua (PDOT). <https://tinyurl.com/bdbwvever>
- Korner, F., Roth, T., von Felten, S. y Guélat, J. (2015). Criterio de información de Akaike. Science Direct, 175 - 196. Obtenido de <https://tinyurl.com/4k34vwdv>
- Le Gall, M. y Tooker, J. F. (2017). Developing ecologically based pest management programs for terrestrial molluscs in field and forage crops. Journal of Pest Science, 90(3), 825-838.
- Littell, R. C., Stroup, W. y Feund, R. (2006). SAS for mixed models. Fourth Edition. Cary, Nc: SAS Institute Inc. 466p.
- López, L., Lima, H., Perichi, G. y I. Matute. (2018). Efecto fagodisuasivo de extractos vegetales sobre la alimentación de la babosa gris y tamizaje fitoquímico. Agronomía Tropical, 68 (3-4): 113-123. <https://tinyurl.com/3hvy45py>
- Maza, J. M. (2013). Efecto de los extractos botánicos para el control del caracol (*Achatina fulica*) en el cultivo de arroz (*Oriza sativa*). [Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12057>
- Miranda, I. (2014). Modelación matemática de la dinámica de poblaciones: desarrollo histórico y uso práctico en Cuba. Revista de Protección Vegetal, 29(3), 157-167. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522014000300001
- Olin Fabela, L. A., Carreño Meléndez, F. y Torres Oregón, F. T.(2024). Agroecología y sustentabilidad: una convergencia para el desarrollo. Ediciones Comunicación Científica. <http://doi.org/10.52501/cc.182>
- Oregon State University Extension Service. (2010). Managing slugs and snails in your garden. Oregon State University. <https://tinyurl.com/yc7em5vb>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2021: Lograr que los sistemas agroalimentarios sean más resilientes frente a las perturbaciones y tensiones. Editorial FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4476es>
- Parvez, G. M. (2017). Current advances in pharmacological activity and toxic effects of various Capsicum species. Int. J. Pharm. Sci. Res, 8(5), 1900-1912. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.8\(5\).1900-12](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.8(5).1900-12)
- Pérez-Marulanda, J. A. y Giraldo-Sánchez, C. E. (2020). Parámetros poblacionales de Tuta absoluta (Lepidoptera: Gelechiidae) y pérdidas asociadas en tomate de invernadero. Revista de Biología Tropical, 68(4). <https://tinyurl.com/mrxnxhzn>
- Pitty, A. y Andrews, L. (1990). Efecto del Manejo de malezas y la labranza sobre la babosa del frijol. Turrialba, 40(2), 272-277. <https://tinyurl.com/yckhtpxn>
- Ramón, V. y Rodas, F. (2007). El control orgánico de plagas y enfermedades de los cultivos y la fertilización natural del suelo. <https://tinyurl.com/vyyvwu8c>
- Salazar-Rojas, K. A. y Granados-Muñoz, J. A. (2018). Evaluación de diferentes tácticas para el control de gasterópodos (babosas terrestres) en el cultivo de lechuga (lactuca sativa l. Var. Fallgreen) en la zona de el guarco de Cartago. [Tesis de grado, Tecnológico de Costa Rica]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/10652>
- Silva, G., Lagunes, T. A., Rodríguez M, J. C. y Rodríguez L, D. (2002). Insecticidas vegetales: una vieja y nueva alternativa para el manejo de plagas. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, (66), 4-12. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6414>
- Vinces, R. (2020). Comportamiento morfo-agropoductivo de diferentes cultivares de fréjol común (*Phaseolus vulgaris*) en las condiciones edafoclimáticas de la granja Santa Inés. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala]. <https://tinyurl.com/3thefect>

Zhou, W., Arcot, Y., Medina, R. F., Bernal, J., Cisneros-Zevallos, L. y Akbulut, M. E. (2024). Integrated pest management: an update on the sustainability approach to crop protection. ACS omega, 9(40), 41130-41147. <https://shorturl.at/D3E73>

