

Pest Control, a linking with society experience with Ecuadorian communities

Bruno Paucar, Eng.¹, Lorena Quinchuela, MSc², and Ricardo Villalba, Ph.D.³

^{1,2,3} Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, bpaucar@espol.edu.ec, lquinchu@espol.edu.ec, rvillalba @espol.edu.ec

Abstract– *Pest Control is a challenging problem in agriculture, traditionally managed by agrochemicals. As a result, poisoning cases and soil damage have been reported, which can be reduced by using bio pesticides. This article shows the cooperative work between students, teachers and rural communities of Ecuador that addressed the application of two commercial bio pesticides, NewBT2x (Bacillus thuringiensis) and MicosPlag (Beauveria Bassiana and Metarhizium). These bio products were sprayed in fruits and vegetables for 6 weeks and three observations were performed. Comparing the initial and final weeks of the experiment, it was found that NewBT2x and MicosPlag controlled 48% and 55% respectively, of eggs, worn and hemipteran masses. In addition, as part of the linkage with society activities, farmers were trained on the application of bio products. The goal was to extend knowledge about resources that protect crops in an environmentally, socially, healthy and ecologically way. The comparison between the evaluations before and after the training showed an average increase of 20% (n=12) in correct answers.*

Keywords– *NewBT2x, MicosPlag, bio pesticide, Linkage with society.*

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Control de plagas, una experiencia de vinculación con comunidades del Ecuador

Bruno Paucar, Eng.¹, Lorena Quinchuela, MSc², and Ricardo Villalba, PhD³

^{1,2,3} Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, bpaucar@espol.edu.ec, lquinchu@espol.edu.ec, rvillalba@espol.edu.ec

*El control de plagas es un gran reto en la agricultura y ha sido manejado tradicionalmente mediante el uso de agroquímicos. Como resultado, se ha reportado casos de envenenamiento y daño de suelo, que pueden ser reducidos mediante el uso de bio pesticidas. Este artículo muestra el trabajo cooperativo entre estudiantes, profesores y las comunidades Rurales de Ecuador que trabajó en la aplicación de dos bio pesticidas comerciales, NewBT2x (*Bacillus thuringiensis*) y MicosPlag (*Beauveria Bassiana* and *Metarhizium*). Estos bio productos fueron esparcidos en frutas y vegetales por 6 semanas y se realizaron 3 observaciones. Al comparar la semana inicial y la final del experimento, se encontró que NewBT2x y MicosPlag fueron capaces de controlar en un 48% y 55% respectivamente, las masas de huevos, gusanos, hemipteros y otros insectos. Además, como parte de las actividades de vinculación con la sociedad, se capacitó a los agricultores sobre la aplicación de los bioproductos. El objetivo de la capacitación también fue impartir conocimiento sobre los recursos que protejan a los cultivos desde el punto de vista ambiental, social, ecológico y que precautele la salud. Al comparar las evaluaciones realizadas por los asistentes antes y después de las capacitaciones se identificó un incremento aproximado de 20% (n=12) en las respuestas correctas.*

Keywords— NewBT2x, MicosPlag, bio pesticida, Vinculación con la sociedad.

I. INTRODUCCIÓN

La Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) ha desarrollado programas de Vinculación con la sociedad involucrando a comunidades agrícolas del Cantón Santa Lucía desde el año 2000[1]. El Cantón Santa Lucía se encuentra ubicado en la provincia del Guayas, Ecuador. Se divide en 111 recintos, cuya principal actividad económica es la siembra de arroz, ocupando el 54% del territorio [2]. Algunos de los recintos dedicados a esta actividad son: Paipayales, El Mangle, Los Ángeles, Monte Oscuro y Corral Quemado.

Del trabajo aún no publicado [3], actualmente, Paipayales está conformada por 75 familias y posee un total de 400 habitantes, sus fuentes de ingreso provienen principalmente del campo, específicamente la agricultura a la cual se dedican el 40% de sus habitantes. La comunidad de Paipayales cuenta con cultivos alternativos de plantas frutales y vegetales como guanábana, papaya, limón, naranja, badea, grosella, pepino, pimienta, café y palma de coco, que pueden utilizarse tanto para consumo propio como para vender. Adicionalmente, los agricultores trabajan en la crianza de animales de granja como gallinas, cerdos, patos y pollos.

El principal problema con los cultivos de la comunidad de Paipayales es la presencia de plagas, como la mosca minadora (*Hydrellia wirthi*), la novia del arroz (*Rupela albinella*) y

gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Los agricultores son asesorados por las casas comerciales en la adquisición de los agroquímicos[4], sin embargo, se los aplica de acuerdo con la experiencia cuando se observan las plagas en los cultivos, para mantener sus suelos fértiles y libres de cualquier peste [5], [6]. La exposición prolongada a estos pesticidas afecta negativamente a los seres humanos [7], [8], a otros seres vivos y al medio ambiente [9], [10].

Los agricultores se consideran un grupo de riesgo importante que recibe la mayor exposición a los pesticidas al transportar, mezclar, cargar y aplicar pesticidas. Muchos trabajadores no son conscientes de los riesgos asociados con el uso de pesticidas, mientras que la falta de capacitación y equipo para manipular pesticidas de manera segura aumenta el riesgo para la salud [8]. Los informes elaborados por el Centro de Información y Asesoramiento Toxicológico indican que los plaguicidas figuran entre los principales agentes de intoxicaciones. Asimismo, entre 2018 y 2019 se presentaron más de 1500 intoxicaciones por plaguicidas en Ecuador [11].

Debido a la creciente demanda de cultivos libres de químicos y al endurecimiento de las regulaciones sobre residuos de pesticidas, especialmente en los países desarrollados de Europa y América del Norte, las agencias reguladoras federales están fomentando la aprobación de más biopesticidas anualmente en comparación con los químicos convencionales [12]. En Ecuador, el plan de Nacional de Desarrollo presenta políticas 6.2 y 6.3, donde se busca fomentar la implementación de procesos productivos sostenibles evitando la degradación del suelo, por medio alternativas más amigables con el medio ambiente, como la incorporación de biopesticidas en lugar de los químicos convencionales. Al momento, existe una creciente aceptación de los biopesticidas microbianos como una alternativa eficiente para la protección de cultivos con una huella ecológica[12], [13]. Estos son agentes de control biológicos porque al ser organismos como hongos, bacterias, o virus reducen las poblaciones de plagas que afectan los cultivos. Los hongos, en particular, han despertado el interés de empresas y organismos de investigación por su papel en el control de insectos y enfermedades de las plantas, sin dañar el medio ambiente ni la salud humana [14]

El uso de hongos entomopatógenos (EPF) y bacterias como agentes de control biológico de insectos ha recibido atención mundial [15]. La bacteria más exitosa utilizada para el control de insectos es *Bacillus thuringiensis* (Bt). Esta bacteria se conoce desde 1901 y se utiliza para controlar varias plagas de insectos importantes en la agricultura, la silvicultura y la medicina [16]. Actualmente representa el 2% del mercado total de insecticidas. Bt es casi exclusivamente activo contra el

estado larvario de diferentes órdenes de insectos y mata al insecto mediante la alteración del tejido del intestino medio seguida de septicemia causada probablemente no solo por Bt sino también por otras especies bacterianas [17]. *Beauveria Bassiana* (Bb), junto con *Metarhizium*, son los principales hongos en los pesticidas microbianos explotados para el control biológico, ya que representan casi el 70% de todos los micoinsecticidas comerciales [12], debido a que afectan a 700 especies de insectos y se utilizan en el control de plagas agrícolas, veterinarias y médicas en todo el mundo [18].

La investigación tiene como objetivo desarrollar una parte del proyecto “fortalecimiento de capacidades productivas agrícolas sostenibles y seguridad alimentaria”, por medio de un grupo multidisciplinario entre estudiantes y profesores. Los estudiantes aplicaron los conocimientos vistos a lo largo de las carreras de ingeniería química, agrícola y biología, para proponer una alternativa orgánica para el control de plagas como lo son MicosPlag y New BT2x. Además, se capacitó a los agricultores sobre los insecticidas orgánicos y el uso de estos.

II. METODOLOGÍA

El proyecto se desarrolló en Paipayales, Santa Lucía, en donde los estudiantes de las carreras de biología, ingeniería química y agrícola trabajaron bajo la supervisión de los tutores de prácticas de servicio comunitario y director de proyecto, en conjunto con los miembros de la Asociación arrocera Dios con nosotros.

A. Trabajo Colaborativo

Como parte del trabajo cooperativo, los agricultores que presentaron interés en conocer sobre las alternativas a los agroquímicos comerciales; participaron voluntariamente en la selección de los cultivos, donde se presentaban las plagas más comunes para la ejecución de las pruebas. Se desarrolló un monitoreo por conteo directo, para la recopilación de los insectos y los daños que estos producen en los cultivos [19], [20], [21].

B. Aplicación de bioinsecticidas

De las opciones comerciales disponibles del hongo Bb, se obtuvo el MicosPlag de JW Asociados (100g/ha) y, para la bacteria Bt, el New BT2x por Ecuaquímica (500g/ha). Se estableció la concentración de 10g/10 L (1×10^6 esporas/mL) de MicosPlag y se aplicó en un terreno de 136.68 m². Se utilizó 25 g/5 L (1.6×10^8 UI/L) de New BT2x para un terreno de área 44.49 m². Los cultivos presentes fueron una cantidad variada de frutales y vegetales, tales como limón, papaya, guanábana, badea, naranja, pimiento, palma de coco, pepino, café, grosella y grosella china.

Se prepararon los insecticidas orgánicos en una botella de un litro de capacidad, se llenó a la mitad con agua y se agregó una cucharada del polvo MicosPlag. Se agitó hasta que se observe una mezcla homogénea, luego se vertió en una fumigadora y se aforó con agua hasta los 10 L. Para el New BT2x se utilizó 2 cucharadas en una botella de litro, se agitó, se

vertió en la fumigadora y se aforó con agua hasta 5 L. Finalmente, se aplica en la base y alrededores de la planta según se observa en la Fig. 2.



Fig 1. Mapa Paipayales, Santa Lucía

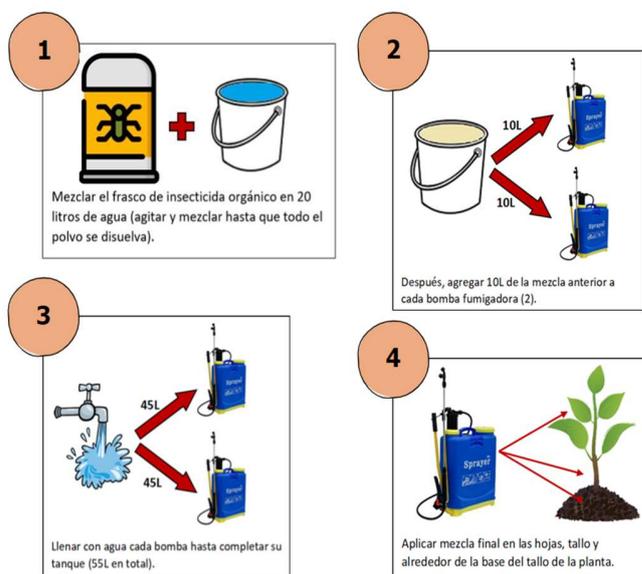


Fig. 2. Infografía entregada a la comunidad con la preparación y aplicación de los insecticidas orgánicos

Se trabajó en tres cultivos. Se tomó 1/3 de cada cultivo para el control de plagas, en donde se aplicaron los dos insecticidas y se dejó un área control, donde se evitó la aplicación de productos. En la Fig. 3 se muestra un esquema de la mencionada distribución, donde se tienen las zonas de aplicación o de control y los blancos o zona de no aplicación. El MicosPlag se fumigó mensualmente y el NewBT 2x semanal mente.

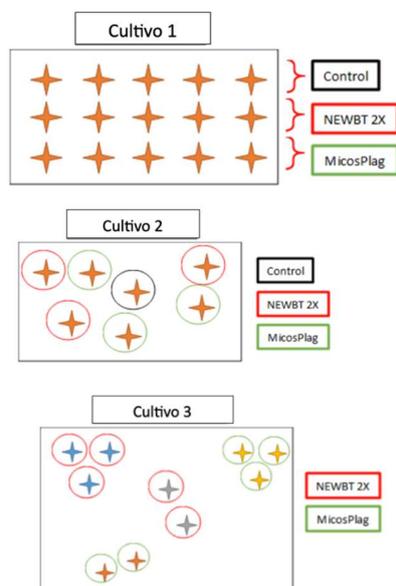


Fig. 3 Bosquejo de la aplicación de los insecticidas orgánicos en los cultivos

C. Verificación de control de plagas

Se realizaron 4 monitoreos durante 6 semanas. Después de la primera aplicación, se monitorearon los cultivos a los 9 (S1), 28 (S4) y 42(S6) días posteriores, donde se registraron 5 categorías de insectos (masas de huevos, gusanos, cochinillas, hemípteros y otros insectos) y los daños (hojas amarillas, hojas enrolladas, huecos en los tallos, hojas con canales y frutos con hueco) que se observaron en el cultivo para realizar la matriz de Insectos/Daños. En base a la matriz se definió una calificación sumando los insectos/daños que se registraron en la planta, de tal manera que si la planta tiene varios insectos/daños esta tendrá una calificación más alta. Se utilizó el promedio de las calificaciones dadas para estandarizar los datos y que sean comparables entre sí.

D. Capacitación a la comunidad

Se capacitó a los agricultores de la comunidad sobre el uso de los bioinsecticidas aplicados. Se impartió una sesión a 12 agricultores de la comunidad de Paipayales, en donde se explicaron los beneficios de utilizar insecticidas orgánicos (a base de hongos y bacterias) en los cultivos[22], [23]. Se evaluó antes y después de la capacitación sobre los conceptos básicos de los insecticidas orgánicos, sus componentes, el tiempo, época y frecuencia de aplicación, según se ve en la Fig. 4

1. ¿Qué hacen los insecticidas orgánicos?	Acaban con plagas	Contaminan	No acaban con las plagas	No contaminan	
2. ¿Qué componentes tienen los insecticidas orgánicos?	Hongos	Bacterias	Químicos	Matador	Diablo
3. ¿Cada cuánto tiempo se recomienda aplicar el insecticida orgánico basado en hongos <i>Beauveria</i> ?	1 vez en todo el cultivo	Al inicio y a la 4 semana	Pasando 1 mes	Nunca	
4. En qué momento se debe aplicar el insecticida orgánico basado en bacteria <i>Bacillus</i> se debe aplicar:	Al inicio del cultivo	Cuando se vean insectos plaga	Al final del cultivo	No conozco	
5. ¿A qué estadio de vida del insecto afecta el insecticida orgánico bacteria <i>Bacillus</i> ?	Huevo	Gusano	Adulto	Pupa	
6. ¿Qué insectos son beneficios en sus cultivos?	Novia del arroz	Gusano cogollero	Araña	Chapuletes	Todos los insectos son negativos
7. Unir con una flecha la cantidad de producto usado por hectárea :	500 gramos	100 gramos	300 gramos	1000 gramos	Hongo <i>Beauveria</i> Bacteria <i>Bacillus</i>
8. ¿Qué partes de la planta se deben fumigar con los insecticidas orgánicos de bacteria <i>Bacillus</i> y hongo <i>Beauveria</i> ?	Hojas + Tallo +Suelo	Hoja + Tallo	Solo Hojas	Solo suelo	

Fig. 4 Formato de encuesta

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la Fig. 5 se observan las plagas que se identificaron dentro de los cultivos de la comunidad Paipayales. En la primera semana se nota la presencia de las 5 categorías: masas de huevos, gusanos, cochinillas, hemípteros y otros insectos, siendo las cochinillas la de mayor proporción. A partir de la semana 1 no se observaron más gusanos en las plantas y para la semana 4 se redujeron las masas de huevos. Finalmente, en la semana 6 reaparecieron las masas de huevos y aumentó el número de plantas afectadas por cochinillas presentes en los cultivos. Cabe recalcar que las cochinillas fueron los insectos que prevalecieron durante todo el transcurso del experimento y aunque la cantidad de individuos de este insecto disminuyó a través del tiempo, no fue lo suficiente para erradicarlas por completo.

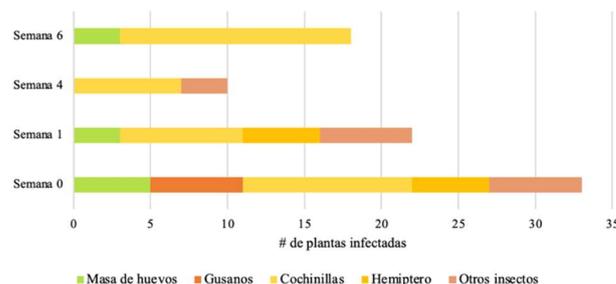


Fig 5. Plagas más comunes en plantas infectadas

En las Fig. 6 y 7 se puede observar la reducción del número de insectos al igual que los daños en los cultivos a partir de las 3 primeras semanas usando MicosPlag y NewBT 2x. Como menciona [24], la Bb ha presentado un control importante con diversos tipos de insectos, puesto que tiene la capacidad de infectar a su huésped, parasitando los huevos e impidiendo la eclosión de larvas, de modo que causa varios daños internos,

como consecuencia la muerte del insecto objetivo [25], [26], [27]. Entre las plagas que ha demostrado un control importante, se encuentra el *Helicoverpa armigera* (gusano cogollero) en habas, y *Helicoverpa zea* (gusano de algodón) en algodón y tomate. En cultivos de maíz que han sido tratados con Bb, se redujo la supervivencia y fecundidad de *Sitobion avenae* (pulgón de espiga), además de mostrar actividad insecticida contra lepidópteros, incluidos *Sesamia calamistis* (barrenador rosado africano), *Ostrinia nubilalis* (taladro del maíz) y *Spodoptera frugiperda* (cogollero de maíz) [28].

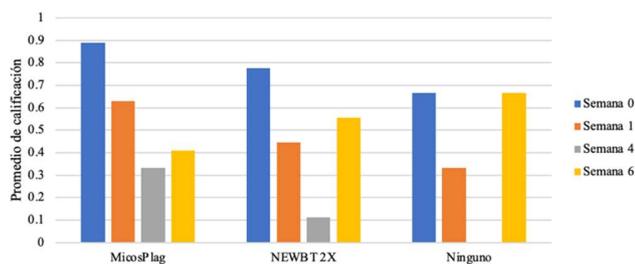


Fig 6. Comparación de insecticidas en control de plagas

Por otro lado, [29] exalta la alta actividad del Bt contra estados inmaduros de varios insectos plaga pertenecientes a diferentes órdenes, esto se debe a su modus operandi, ya que la bacteria durante su época de esporulación (reproducción asexual a través de esporas) esparce las proteínas cristalinas, que una vez al entrar al sistema digestivo del insecto se convierte en una toxina que provoca un desequilibrio en las funciones celulares, provocando la muerte del insecto. Entre las órdenes que más control se ha registrado están la Lepidoptera, Coleoptera, Diptera Hemiptera, himenópteros, ortópteros[30], nematodos y Rhabditida (gusanos)[31]. Es importante observar que las Oniscidae (cochinillas) se mantienen constantes durante toda la experimentación, la posible causa la justifica [32], quienes indican que las especies *P. pruinosus*, *P. scaber* y *A. vulgare*, son capaces de alimentarse de los patógenos de las plantas, ejerciendo un papel de controladores biológicos de las infecciones en las plantas. La Bb puede ser alimento de estos al estar inoculada en zanahorias.

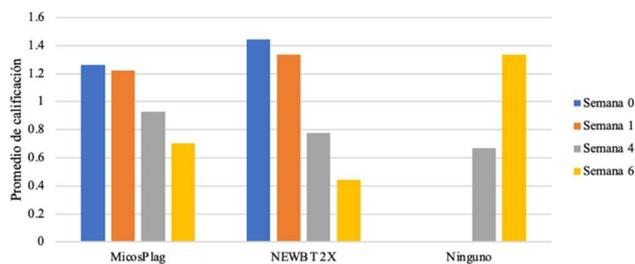


Fig. 7. Comparación de insecticida en daños del cultivo

En la Fig 6, a partir de la cuarta semana se puede observar un rebrote de los insectos para los cultivos con MicosPlag y NewBT 2x. El comportamiento del MicosPlag es menos

drástico que el impacto que tuvo el NewBT 2x, desde la acción del Bt. Esto concuerda con lo mencionado con [33], quien indica que Bt posee proteínas de capa S, conocida como una de las estructuras de superficie de envoltura más comunes en Archaea y Bacteria, por lo que presenta un mayor porcentaje de mortalidad frente a Bb contra las ninfas de *B. Tabaci*. Mientras que, [15] en su estudio muestra una mayor mortalidad (>50 %) que puede tener la Bb junto con la *M. anisopliae* frente a *H. armigera* en comparación con la mortalidad del Bt (menor al 44%). El autor también menciona que en otros estudios muestran que el Bt puede alcanzar una concentración letal media (LC₅₀) del 50% en la *H. armigera* en su fase larvaria, entiendo que las larvas más viejas tienden a ser más tolerantes a los pesticidas basados en Bt. [34] menciona algunos estudios que han demostrado la eficacia de Bb para matar insectos y mejora considerablemente mediante la recombinación con el exógeno *Ae. aegypti*, gen TMOF, neurotoxina de escorpión AaIT, gen PR1A de la proteasa de degradación de la cutícula o proteínas insecticidas vegetativas del Bt. Por otro lado, [35] muestra como la acción conjunta de Bt y Bb presenta mejores porcentajes (95%) de mortalidad en comparación de la acción por separado (Bt con 44.2 % y Bb con 58%) en contra de *C. Partellus*. Comprendiendo que, si el NewBT 2x tuvo un efecto más grande en los insectos en su fase larvaria, pudo controlar el crecimiento de estos más rápido y de forma más constante por haber sido aplicado con una frecuencia 3:1 (NewBT 2x/MicosPlag), con una concentración de 5 veces más insecticida por cada litro de mezcla, y consecuentemente, el rebrote que tiene el MicosPlag es más controlado por el hecho de poder infectar a los insectos que previamente han sido ya afectados por otro patógeno.

Desde la perspectiva del estado de los agentes de control, el rebrote de insectos es muy común que se asocie con la poca estabilidad que estos tienen al ser aplicados usando atomizadores o fumigadores, siendo uno de los mayores obstáculos en la comercialización de los bioinsecticidas [25], [36]. Como se trata con organismos vivos, tanto los hongos como las bacterias tienen sus condiciones óptimas de almacenaje (temperaturas fluctuantes a los 4 °C) y condiciones ambientales que afectan su estabilidad, como radiación UV, temperatura, calidad del agua y sedimentos [37], [38], [39].

En la Fig. 7 se ve un aumento en los daños en los blancos; como consecuencia del aumento de insectos en la sexta semana, puesto que, al comenzar a morir las plagas, las restantes migrarían a las zonas donde no se aplicó nada, afectando a estos y una disminución de los daños en las zonas controladas. Lo que al mismo tiempo se entendería el retorno o surgimiento de los insectos a las zonas controladas donde ya los agentes biológicos no ejercen su efecto como al ser aplicados inicialmente.

En las Fig. 8 y 9 se observa que después de la capacitación brindada a las doce personas que forman parte de la comunidad de Paipayales, hubo un incremento aproximado de 20% en las respuestas correctas. Esto repercute tanto en la parte conceptual, según lo corroboran [40], [41], en donde la

capacitación/asesoría del uso de bioinsecticidas brindan la información necesaria para enseñarles a preparar estos insecticidas orgánicos con componentes locales.

TABLA I
PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE INSECTO/DAÑO

	S1	S4	S6
MicosPlag	-14%	-41%	-48%
NEWBT 2X	-20%	-60%	-55%
Ninguno	-50%	0%	200%

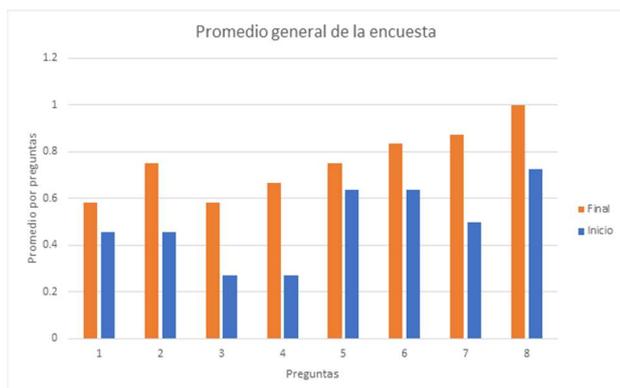


Fig. 8. Promedio general de la evaluación



Fig. 9. Salidas de campo a la comunidad Paipayales.

IV. CONCLUSIONES

Los pesticidas orgánicos favorecieron la disminución de plagas y son recursos válidos para mejorar la producción, a la vez que respetan la salud de los usuarios. En aproximadamente 6 semanas, la aplicación de los biopesticidas Micosplag y NewBT 2x en cultivos de frutales y vegetales fue capaz de controlar en un 48% y 55% las masas de huevos, gusanos, hemípteros y otros insectos. La ponderación de daños en el caso del MicosPlag disminuyó en 0.55 y el NewBT 2x en 1.0, esta reducción se expresa en el apaciguamiento de hojas enrolladas, huecos en los tallos, hojas con canales y frutos con hueco en las plantas.

La participación transversal con la comunidad favorece un aprendizaje en ambas direcciones que posibilita una

consecución de resultados favoreciendo la investigación y la promoción del bienestar de la comunidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la participación activa de todos los agricultores que conforman la asociación Dios con Nosotros durante cada etapa del proyecto de vinculación con la sociedad “Fortalecimiento de capacidades productivas agrícolas sostenibles y seguridad alimentaria”.

También agradecemos al Decanato de Vinculación de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) por el apoyo administrativo y logístico durante la ejecución del proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Q. J. Miguel and B. C. Antonio, “Mobile Unit for Agricultural Mechanization, an experience of linking with rural communities in Ecuador,” in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2021. doi: 10.18687/LACCEI2021.1.1.493.
- [2] Gobierno Autónomo Descentralizado de Santa Lucía, “EL REGLAMENTO ORGÁNICO DE GESTIÓN ORGANIZACIONAL POR PROCESOS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN SANTA LUCÍA,” 2014. [Online]. Available: www.santalucia.gob.ec
- [3] L. Quinchuela, R. Villalba, M. F. Calderón, Y. Pacheco, and J. Cañazares, “Fortalecimiento de capacidades productivas sostenibles y de seguridad agrícola.”
- [4] H. P. Hutter *et al.*, “Health symptoms related to pesticide use in farmers and laborers of ecological and conventional banana plantations in Ecuador,” *Int J Environ Res Public Health*, vol. 18, no. 3, pp. 1–12, Feb. 2021, doi: 10.3390/ijerph18031126.
- [5] L. Rani *et al.*, “An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 283. Elsevier Ltd, Feb. 10, 2021. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124657.
- [6] H. van den Berg *et al.*, “Pesticide lifecycle management in agriculture and public health: Where are the gaps?,” *Science of the Total Environment*, vol. 742, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140598.
- [7] L. A. Zúñiga-Venegas *et al.*, “Health Effects of Pesticide Exposure in Latin American and the Caribbean Populations: A Scoping Review,” *Environmental Health Perspectives*, vol. 130, no. 9. Public Health Services, US Dept of Health and Human Services, Sep. 01, 2022. doi: 10.1289/EHP9934.
- [8] V. Dhananjayan and B. Ravichandran, “Occupational health risk of farmers exposed to pesticides in agricultural activities,” *Current Opinion in Environmental Science and Health*, vol. 4. Elsevier B.V., pp. 31–37, Aug. 01, 2018. doi: 10.1016/j.coesh.2018.07.005.
- [9] V. P. Kalyabina, E. N. Esimbekova, K. V. Kopylova, and V. A. Kratasyuk, “Pesticides: formulants, distribution pathways and effects on human health – a review,” *Toxicology Reports*, vol. 8. Elsevier Inc., pp. 1179–1192, Jan. 01, 2021. doi: 10.1016/j.toxrep.2021.06.004.
- [10] P. Bhatt, K. Bhatt, A. Sharma, W. Zhang, S. Mishra, and S. Chen, “Biotechnological basis of microbial consortia for the removal of pesticides from the environment,” *Critical Reviews in Biotechnology*, vol. 41, no. 3. Taylor and Francis Ltd., pp. 317–338, 2021. doi: 10.1080/07388551.2020.1853032.
- [11] L. Quinchuela, Y. Pacheco, M. F. Calderón, F. Morales, and R. Villalba, “Elaboración de insumos agrícolas orgánicos y de prevención ante el COVID 19.”
- [12] G. M. Mascarín and S. T. Jaronski, “The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide,” *World Journal of*

- Microbiology and Biotechnology*, vol. 32, no. 11. Springer Netherlands, Nov. 01, 2016. doi: 10.1007/s11274-016-2131-3.
- [13] S. Bose, P. S. Kumar, D. V. N. Vo, N. Rajamohan, and R. Saravanan, "Microbial degradation of recalcitrant pesticides: a review," *Environmental Chemistry Letters*, vol. 19, no. 4. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, pp. 3209–3228, Aug. 01, 2021. doi: 10.1007/s10311-021-01236-5.
- [14] V.-A. William Fernando *et al.*, "Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador," 2020.
- [15] T. Fite, T. Tefera, M. Negeri, T. Damte, and W. Sori, "Evaluation of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Bacillus thuringiensis* for the management of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory and field conditions," *Biocontrol Sci Technol*, vol. 30, no. 3, pp. 278–295, Mar. 2020, doi: 10.1080/09583157.2019.1707481.
- [16] A. Sharma, R. K. Sandhi, and G. V. P. Reddy, "A review of interactions between insect biological control agents and semiochemicals," *Insects*, vol. 10, no. 12. MDPI AG, Dec. 01, 2019. doi: 10.3390/insects10120439.
- [17] A. Bravo, S. Likitvivatanavong, S. S. Gill, and M. Soberón, "Bacillus thuringiensis: A story of a successful bioinsecticide," *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, vol. 41, no. 7. pp. 423–431, Jul. 2011. doi: 10.1016/j.ibmb.2011.02.006.
- [18] G. A. Bugti, W. Bin, C. Na, and L. H. Feng, "Pathogenicity of *Beauveria bassiana* strain 202 against sap-sucking insect pests," *Plant Protection Science*, vol. 54, no. 2, pp. 111–117, 2018, doi: 10.17221/45/2017-PPS.
- [19] E. O. Egho and E. Ogheneworo, "Management of major field insect pests and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* (L) walp) under calendar and monitored application of synthetic chemicals in Asaba, southern Nigeria," 2010. [Online]. Available: <http://www.asopah.orgAJGA2010131/6310>
- [20] K. W. McCravy, "A review of sampling and monitoring methods for beneficial arthropods in agroecosystems," *Insects*, vol. 9, no. 4. MDPI AG, Dec. 01, 2018. doi: 10.3390/insects9040170.
- [21] M. Preti, F. Verheggen, and S. Angeli, "Insect pest monitoring with camera-equipped traps: strengths and limitations," *Journal of Pest Science*, vol. 94, no. 2. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, pp. 203–217, Mar. 01, 2021. doi: 10.1007/s10340-020-01309-4.
- [22] G. M. Diirro *et al.*, "Are individuals willing to pay for community-based eco-friendly malaria vector control strategies? A case of mosquito larviciding using plant-based biopesticides in Kenya," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 20, pp. 1–15, Oct. 2020, doi: 10.3390/su12208552.
- [23] G. Upamanya, H. Sarma, A. K. Sarmah, G. K. Upamanya, and A. K. Sarmah, "Knowledge Level of Village Level Extension Workers on Biocontrol Agents and Biopesticides in Barpeta District of Assam," *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, vol. 6, 2019, doi: 10.17148/IARJSET.2019.61211.
- [24] L. Kuzhuppillymyal-Prabhakaranakutty, F. H. Ferrara-Rivero, P. Tamez-Guerra, R. Gomez-Flores, M. C. Rodriguez-Padilla, and M. J. Ek-Ramos, "Effect of *beauveria bassiana*-seed treatment on *Zea mays* L. Response against *spodoptera frugiperda*," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 7, Apr. 2021, doi: 10.3390/app11072887.
- [25] A. M. Castro-Toro and C. A. Rivillas-Osorio, "Bio regulation of *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood and *M. javanica* (Treub) Chitwood complex in coffee roots," *Revista de Ciencias Agrícolas*, vol. 39, no. 2, pp. 128–142, Jan. 2023, doi: 10.22267/rcia.223902.189.
- [26] J. G. Ávila-Hernández *et al.*, "Beauveria bassiana secondary metabolites: A review inside their production systems, biosynthesis, and bioactivities," *Mexican Journal of Biotechnology*, pp. 1–33, 2020, doi: 10.29267/MXJB.2020.5.4.1.
- [27] H. F. Dannon *et al.*, "Toward the efficient use of *Beauveria bassiana* in integrated cotton insect pest management," *Journal of Cotton Research*, vol. 3, no. 1. BioMed Central Ltd, Dec. 01, 2020. doi: 10.1186/s42397-020-00061-5.
- [28] M. Chellappan, "Evaluation of entomopathogenic fungus for the management of pink mealybug, *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) on pineapple in Kerala," ~ 1215 ~ *Journal of Entomology and Zoology Studies*, vol. 7, no. 1, pp. 1215–1222, 2019.
- [29] S. de O. Dorta *et al.*, "Selection of *Bacillus thuringiensis* strains in citrus and their pathogenicity to *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) nymphs," *Insect Sci*, vol. 27, no. 3, pp. 519–530, Jun. 2020, doi: 10.1111/1744-7917.12654.
- [30] Y. Liu *et al.*, "Cry64Ba and Cry64Ca, two ETX/MTX2-type *Bacillus thuringiensis* insecticidal proteins active against hemipteran pests," *Appl Environ Microbiol*, vol. 84, no. 3, Feb. 2018, doi: 10.1128/AEM.01996-17.
- [31] D. Fernández-Chapa, J. Ramírez-Villalobos, and L. Galán-Wong, "Toxic Potential of *Bacillus thuringiensis* : An Overview ," in *Protecting Rice Grains in the Post-Genomic Era*, IntechOpen, 2019. doi: 10.5772/intechopen.85756.
- [32] A. M. Póss, A. S. Fehér, F. T. Bogdányi, and F. Tóth, "The Spread of the Soil-Borne Pathogen *Fusarium solani* in Stored Potato Can Be Controlled by Terrestrial Woodlice (Isopoda: Oniscidea)," *Agriculture (Switzerland)*, vol. 12, no. 1, Jan. 2022, doi: 10.3390/agriculture12010045.
- [33] C. E. Somoza, V. Compañía, A. Salvadoreña, V. Manuel Hernández Velázquez, and O. L. Daniel, "Interaction of *Beauveria bassiana* strain HPI-019/14 and *Bacillus thuringiensis* strain GP139 for the biological control of *Bemisia tabaci* in strawberry." [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/329771331>
- [34] S. Q. Deng *et al.*, "Expression of *Bacillus thuringiensis* toxin Cyt2Ba in the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* increases its virulence towards *Aedes* mosquitoes," *PLoS Negl Trop Dis*, vol. 13, no. 7, Jul. 2019, doi: 10.1371/journal.pntd.0007590.
- [35] M. Sufyan *et al.*, "Efficacy of *Beauveria Bassiana* and *Bacillus Thuringiensis* Against Maize Stem Borer *Chilo Partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Pyralidae)," *Gesunde Pflanzen*, vol. 71, no. 3, pp. 197–204, Sep. 2019, doi: 10.1007/s10343-019-00465-7.
- [36] J. C. Kim *et al.*, "Long-term storage stability of *Beauveria bassiana* ERL836 granules as fungal biopesticide," *J Asia Pac Entomol*, vol. 22, no. 2, pp. 537–542, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.aspen.2019.04.001.
- [37] J. L. De Oliveira, L. F. Fraceto, A. Bravo, and R. A. Polanczyk, "Encapsulation Strategies for *Bacillus thuringiensis*: From Now to the Future," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 69, no. 16. American Chemical Society, pp. 4564–4577, Apr. 28, 2021. doi: 10.1021/acs.jafc.0c07118.
- [38] X. Qin *et al.*, "Pest management via endophytic colonization of tobacco seedlings by the insect fungal pathogen *Beauveria bassiana*," *Pest Manag Sci*, vol. 77, no. 4, pp. 2007–2018, Apr. 2021, doi: 10.1002/ps.6229.
- [39] S. Valle and W. Caicedo, "Efficacy of native isolates of *Metarhizium* spp. In the control of the weevil (*Metamasius hemipterus*) of sugarcane in laboratory conditions," MDPI AG, Jan. 2020, p. 6720. doi: 10.3390/mol2net-05-06720.
- [40] R. I Nyoman, S. I Made, S. Yohanes, and W. I Wayan, "Education and Training on Making Organic Fertilizers and Biopesticides for Cocoa Farmers in Pulukan Village, Jembrana, as an effort to increase organic cocoa production," *AJARCADE (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment)*, vol. 7, no. 1, Sep. 2022, doi: 10.29165/ajarcde.v7i1.207.
- [41] "Socialization of Pameló Cultivation Based on Biopesticides: a Community Service to Develop Organic Pameló Tourism Village in Tambakmas Village, Sub-District Sukomoro, Magetan Sukomoro, Magetan Regency.," *Galaxy Science*, May 2020, pp. 297–301. doi: 10.11594/nstp.2019.0442.