

EL OZONO (O₃) COMO UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA EL CONTROL DE LA MOSCA DEL ÁPICE EN EL CULTIVO DEL CHOCHO (*LUPINUS MUTABILIS SWEET*)

OZONE (O₃) AS AN ECOLOGICAL ALTERNATIVE FOR THE CONTROL OF THE APEX FLY IN THE CULTIVATION OF CHOCHO (*LUPINUS MUTABILIS SWEET*)

Oswaldo Rafael Galarza Guachichullca ^{1*}

¹ Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8307-9344>. Correo: oswaldo.galarza0942@utc.edu.ec

Marco Antonio Rivera Moreno ²

² Ingeniero Agrónomo. Máster en Ciencias. Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6641-2364>. Correo: marco.rivera@utc.edu.ec

* Autor para correspondencia: oswaldo.galarza0942@utc.edu.ec

Resumen

El objetivo es evaluar el Ozono (O₃) como una alternativa ecológica para el control del Díptero (Anthomyiidae) en el cultivo del Chocho (*Lupinus Mutabilis Sweet*). Para ello, se utilizó diferentes concentraciones de ozono en agua. El diseño del estudio fue experimental de Bloques Completos al Azar (AXB) con 6 tratamientos y 5 repeticiones con un total de 30 unidades experimentales. La investigación se desarrolló en la Provincia Cotopaxi, Ecuador. Los resultados de mortalidad en porcentajes de los tratamientos a los 5 días fueron los siguientes: T1 en la interacción concentración de 0.15 ppm y frecuencia de 4 aplicaciones en dos días (C1F1) 43.3%; T2 en la interacción concentración de 0.15 ppm y frecuencia de 6 aplicaciones en dos días (C1F2) 23.3%; T3 en la interacción concentración 0.28 ppm y frecuencia de 4 aplicaciones en dos días (C2F1) 48.3%; T4 en la interacción concentración 0.28 ppm y frecuencia de 6 aplicaciones en dos días (C2F2) 68.3%; T5 que es el testigo se aplicó agua con una frecuencia de 4 aplicaciones en dos días (T1F1); y T6 que es el testigo se aplicó agua con una frecuencia de 4 aplicaciones en dos días (T1F2) 0%. El mejor tratamiento para el control de la mosca del ápice del chocho fue el T4. Como conclusiones, se observó un efecto en los balancines que actúan como órganos estabilizadores del desplazamiento en la mosca. Además, se evidenció una alteración en el color de los ojos de la mosca. Por último, se divisó una reducción significativa de la parte abdominal.

Palabras clave: concentraciones; frecuencia; mosca del ápice del chocho; Ozono.

Abstract

The objective is to evaluate Ozone (O₃) as an ecological alternative for the control of the Diptero (Anthomyiidae) in the cultivation of Chocho (Lupinus Mutabilis Sweet). For this, different concentrations of ozone in water were used. The study design was experimental Complete Randomized Blocks (AXB) with 6 treatments and 5 repetitions, with a total of 30 experimental units. It was applied in the Cotopaxi Province, Ecuador. The mortality results in percentages of the treatments at 5 days were the following: T1 in the concentration interaction of 0.15 ppm and frequency of 4 applications in two days (C1F1) 43.3%; T2 in the concentration interaction of 0.15 ppm and frequency of 6 applications in two days (C1F2) 23.3%; T3 in the interaction concentration 0.28 ppm and frequency of 4 applications in two days (C2F1) 48.3%; T4 in the interaction concentration 0.28 ppm and frequency of 6 applications in two days (C2F2) 68.3%; T5, which is the control, water was applied with a frequency of 4 applications in two days (T1F1); and T6, which is the control, water was applied with a frequency of 4 applications in two days (T1F2) 0%. The best treatment for the control of the lupine apex fly was T4. In conclusions, an effect was observed in the rockers that act as stabilizing organs of displacement in the fly. In addition, an alteration in the color of the fly's eyes was evidenced. Finally, a significant reduction of the abdominal part was seen.

Keywords: concentrations; frequency; cunt apex fly; Ozone.

Fecha de recibido: 20/04/2023

Fecha de aceptado: 10/06/2023

Fecha de publicado: 15/06/2023

Introducción

En Ecuador el cultivo de lupino se encuentra en las provincias de Cotopaxi, Chimborazo, Pichincha, Bolívar, Tungurahua, Carchi e Imbabura (Muñoz, 2021). La provincia de Cotopaxi presenta la mayor superficie cosechada con 2121 ha, seguida por la provincia de Chimborazo con 1013 ha (INEC, 2011).

El chocho es un tipo de leguminosa domesticado y plantado por antiguos habitantes de los Andes centrales (Buñay, 2019; Tercero, 2019). Ocupa el primer lugar en alimentos debido a su alto contenido de proteínas (Vinueza, 2021) teniendo así muchos beneficios para la nutrición humana y animal. Además, es considerado como un fertilizante ya que puede completar la función de fijar nitrógeno en el suelo (Rumipamba, 2021). En el Ecuador, Cotopaxi tiene las mejores características del suelo, el clima y la productividad para el crecimiento de lupino.

Sin embargo, en los últimos años agricultores han reportado grandes pérdidas en su producción asociados a plagas y enfermedades, sobresaliendo la mosca barrenador del ápice, considerada una de las plagas más persistentes en el cultivo (Quishpe, 2020). La mosca hembra adulta deposita sus huevos en las yemas de los brotes tiernos de las plantas. Las larvas eclosionan perforando la planta para introducirse y alimentarse del parénquima esponjoso.

Algunos de los daños que causa son (Buñay, 2019; Capote y González, 2022; Muñoz, 2021):

- Retraso del crecimiento: Las larvas de la mosca barrenadora del ápice se alimentan de los tejidos de las yemas y brotes tiernos, lo que puede causar la deformación y muerte de los mismos. Esto retrasa el crecimiento y desarrollo de la planta, lo que puede afectar su producción y calidad.
- Pérdida de la producción: Los brotes son los que eventualmente darán lugar a las flores y frutos. Si la mosca barrenadora del ápice daña los brotes, puede reducir significativamente la producción de frutos.
- Vulnerabilidad a otras plagas y enfermedades: El daño causado por la mosca barrenadora del ápice puede debilitar la planta y hacerla más vulnerable a otras plagas y enfermedades.
- Reducción de la calidad del fruto: Si los brotes dañados por la mosca barrenadora del ápice sobreviven y dan lugar a frutos, es posible que estos sean más pequeños, deformes o de menor calidad. Según Figueroa (2021), la plaga barrenador del ápice (Díptera: Anthomyiidae) ha alcanzado el 99% de presencia ya que se visualizó daños en plantas de altura mayor de 30 cm, ideal para el ataque de esta plaga.

Debido a los problemas antes mencionados, los agricultores han optado por utilizar diferentes estrategias para su control, entre ellas la eliminación de los brotes afectados y la aplicación de insecticidas químicos (Arroyo, 2020; Carchi, 2019). En Ecuador, 1.320.988,67 hectáreas de área agrícola utilizan pesticidas químicos, lo que representa el 47%. El 53% restante se cultiva ecológicamente, es decir, usan pesticidas orgánicos o no utilizan pesticidas (INEC, 2013).

Los principales pesticidas que se utilizan en el control de este díptero, son (Carchi, 2019; Zanabria et al., 2019):

- Insecticidas organofosforados: Los insecticidas organofosforados, como el clorpirifos y el diazinón, son ampliamente utilizados en el control de la mosca barrenadora del ápice. Estos pesticidas actúan inhibiendo la enzima acetilcolinesterasa, lo que provoca la muerte de la plaga.
- Insecticidas piretroides: Los insecticidas piretroides, como la deltametrina y el lambda-cihalotrin, son otros pesticidas comunes en el control de la mosca barrenadora del ápice. Estos pesticidas actúan afectando el sistema nervioso de la plaga.
- Insecticidas neonicotinoides: Los insecticidas neonicotinoides, como el imidacloprid y el acetamiprid, son pesticidas sistémicos que se utilizan para el control de la mosca barrenadora del ápice. Estos pesticidas se aplican al suelo o se inyectan directamente en la planta, y son absorbidos por el sistema vascular de la misma. Esto hace que las larvas de la mosca barrenadora del ápice se alimenten de tejidos tratados con el pesticida y mueran.

Los productores que utilizan estos agroquímicos desconocen la afectación que ocasionan de manera directa sobre el medio ambiente y sobre ellos mismos que manipulan estos productos (Buñay, 2019; Hernández, 2019).

En consonancia con la idea anterior, los centros de investigación tienen la responsabilidad de producir tecnologías con un impacto mínimo en el medio ambiente, al proporcionar productos libres de químicos, para lograr la gestión de cultivos y la mejora del rendimiento (García, 2020; Pérez y Calzadilla, 2011).

En la gran mayoría de casos los pesticidas químicos utilizados no tienen el efecto esperado bajo el control de la plaga. Por ello, se buscan alternativas que sean amigables con el medio ambiente y beneficiosas para los bolsillos de los agricultores, lo que se refleja en el aumento de la producción de cultivos (Lema, 2022; Ortiz y Orihuela, 2022).

En tal sentido, Pincay (2014) manifiesta que el uso de la metodología de la aplicación de ozono ha permitido llegar a la producción del racimo sin el uso de fungicidas químicos. Además, no afecta la altura de la planta, el diámetro del tallo, ni las emisiones de la superficie de la hoja. Por el contrario, se favorecen en todos los tratamientos que utilizan ozono. Tal es el caso del entorno agroecológico, donde está demostrado que su empleo es beneficioso para la biodiversidad y la salud de los agricultores y sus familias (Enjuto y Querol, 2021; García, 2020; Pincay, 2014).

El ozono posee un poder oxigenante mayor que el oxígeno normal, y por ello mejora el proceso respiratorio a nivel celular. La utilización de ozono se torna eficiente en el control de plagas y se puede eliminar los insectos plaga sin dañar los cultivos (Guanotasig, 2022). No solo se han realizado investigaciones en la sierra sino también en la costa para controlar la plaga sigatoka en las plantaciones de banano (Abreo, 2022).

Teniendo en cuenta los aspectos anteriores, el objetivo del presente artículo es evaluar el Ozono (O₃) como una alternativa ecológica para el control del Díptero (Anthomyiidae) en el cultivo del Chocho (*Lupinus Mutabilis Sweet*). Además, en la realización del estudio se definió la siguiente hipótesis de investigación: La aplicación del ozono (O₃) en diferentes concentraciones y frecuencias incide en el control del Díptero Anthomyiidae en el cultivo de chocho.

Materiales y métodos

Fundamentación metodológica

La investigación tuvo un alcance explicativo, con enfoque cuantitativo y diseño experimental (Cepeda et al., 2021; López et al., 2017). Se aplicaron los métodos científico, inductivo y experimental. Ello permitió la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones de campo, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación en particular (Pérez, 2022).

El diseño experimental fue de Bloques Completos al Azar (AXB), con 6 tratamientos y 5 repeticiones, con pruebas Tukey al 5%. En el análisis estadístico se determinó el mejor tratamiento en función de las variables a evaluar que son: mortalidad de la mosca barrenador del ápice a los 4, 5 días y total. Para la aplicación del ozono en diferentes concentraciones se ejecutaron seis tratamientos:

- **Tratamiento 1:** Se aplicó agua ozonificada con una concentración de 0.15 ppm en un litro de agua con una frecuencia de 4 aplicaciones en dos días.
- **Tratamiento 2:** Se aplicó agua ozonificada con una concentración de 0.15 ppm en un litro de agua con una frecuencia de 6 aplicaciones en dos días.
- **Tratamiento 3:** Se aplicó agua ozonificada con una concentración de 0.28 ppm en un litro de agua con una frecuencia de 4 aplicaciones en dos días.
- **Tratamiento 4:** Se aplicó agua ozonificada con una concentración de 0.28 ppm en un litro de agua con una frecuencia de 6 aplicaciones en dos días.
- **Tratamiento 5 (Testigo):** Se aplicó un litro de agua con una frecuencia de 4 aplicaciones en dos días.
- **Tratamiento 6 (Testigo):** Se aplicó un litro de agua con una frecuencia de 6 aplicaciones en dos días.

Análisis de los datos

Se utilizó el programa Excel, para facilitar los análisis de resultados por medio de las hojas de cálculo que permite personalizar y programar las funciones propias ajustadas a las necesidades de la investigación. Se utilizó también el software INFOSTAT que ayudó a la obtención de resultados de estadísticas descriptivas para calcular probabilidades y pruebas de hipótesis. Se utilizaron modelos de regresión y análisis de varianza para los experimentos diseñados y gráficos obtenidos en campo.

Recolección del díptero

Los Dípteros fueron recolectados a primeras horas de la mañana en los cultivos de chocho del Barrio El Chan en etapa adulta. Se contó con la ayuda de una red entomológica, se recolectaron 100 moscas Anthomyiidae por cada tratamiento. A cada unidad experimental se le asignaron 20 muestras. Las muestras se dejaron en las jaulas de la parcela durante 2 días para verificar que ninguna muestra murió antes de aplicar ozono (Casa, 2021). En este sentido, se obtuvieron alrededor de 600 pupas.

Ubicación espacio temporal

El estudio se realizó en el barrio Plaza Arenas, parroquia 11 de Noviembre, Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. Se ejecutó en esta zona debido a sus condiciones edafoclimáticas. La mayor parte de sus suelos son

de textura arenosa, lo cual impide el establecimiento de otras variedades de cultivos de interés agrícola y económico, con temperaturas de 10-15°C, precipitaciones 590 mm/año, clima mesotérmico templado frío. Se realizó durante 2022.

Materiales empleados

En la tabla 1 se especifican los principales materiales utilizados:

Tabla 1. Equipos empleados para la ejecución del estudio. Fuente: elaboración propia.

Equipos experimentales y de laboratorio	Materiales de campo
Ozonificador para agua marca ATKIN modelo QJ-8003K.	Frasco de plástico de 1 litro
Medidor de Ozono marca PALINTES modelo PTS043.	1000 ml de agua
Estereoscopio EMZ-13	Libro de campo
Cámara Fotográfica	Jaulas
Computadora	Redes entomológicas
Cajas Petri	Azada
Papel absorbente	
Estuche de disección	

Resultados y discusión

Los resultados arrojados en el análisis estadístico posibilitan demostrar que los efectos del ozono (O₃) tienen una reacción después del segundo día de la aplicación del agua ozonificada, por lo que se evidencia la mortalidad del Díptero a partir del cuarto día de su aplicación. Sin embargo, solo hasta después del día 5 es que se constata la significancia estadística de esta afirmación, lo que posibilita concluir que la aplicación del ozono (O₃) en diferentes concentraciones y frecuencias incide en el control del Díptero Anthomyiidae en el cultivo de chocho. Las tablas 2 y 3 muestran los datos que justifican dicha afirmación, a partir de un análisis de varianza:

Tabla 2. Análisis de varianza, de mortalidad de la mosca del ápice del día 4, después de la aplicación del Ozono (O₃). Fuente: elaboración propia.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Sg
Tratamientos	176.67	5	35.33	265	0.0001	*
Concentración	176.27	2	88.13	661	0.0001	*

Frecuencia	0.13	1	0.13	1	0.3273	NS
Concentración*Frecuencia	0.27	2	0.13	1	0.3827	NS
Error	3.2	24	0.13			
Total	179.87	29				
CV%	11.18					

Tabla 3. Análisis de varianza, de mortalidad de la mosca del ápice del día 5, después de la aplicación del Ozono (O₃). Fuente: elaboración propia.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	Sg
Tratamientos	1439.47	5	287.89	616.91	0.0001	*
Concentración	1371.47	2	685.73	1469.43	0.0001	*
Frecuencia	19.2	1	19.2	41.14	0.0001	*
Concentración*Frecuencia	48.8	2	24.4	52.29	0.0001	*
Error	11.2	24	0.47			
Total	1450.67	29				
CV%	7.32					

La aplicación de ozono produjo un efecto significativo sobre la mortalidad de la mosca del ápice del chocho. En la tabla 3 se puede observar que el análisis de varianza presentó significancia en: concentración, frecuencia y en la interacción concentración*frecuencia. Las cuales estuvieron influenciadas por la concentración y frecuencia de exposición de las moscas al ozono. Se reportó un coeficiente de variación de 7.32%, lo cual es un valor dentro del rango de confiabilidad. Adicionalmente, como se muestra en la tabla 4, se aplicó la prueba Tukey al 5% para la concentración. En esta se evidencian dos rangos bien diferenciados. El primer rango para C2 con una media de 15 moscas muertas, mientras que el segundo rango para C1 con una media de 12 moscas muertas.

Tabla 4. Prueba de Tukey para el Factor A (concentración). Fuente: elaboración propia.

Concentración	Medias	Rango
C2	15.8	A
C1	12.2	B

La mortalidad producida por el ozono sobre la mosca del ápice del chocho fue superior en la concentración C2 (0.28 ppm). Se obtuvo el rango más alto, ya que tiene 0.13 ppm más que la concentración C1 (0.15 ppm).

La eficacia para la mortalidad de la mosca en la concentración C1 disminuyó, mientras que en la concentración C2 el ozono logró producir mayor mortalidad sobre la mosca del ápice. En la investigación de Keivanloo (2014) se logró incrementar la mortalidad de *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae) mediante el aumento de la concentración y los tiempos de exposición al ozono. Por su parte, (Anandakumar, 2016) señaló que el tiempo letal (LT99) para adultos de *L. serricorne* se redujo en la medida que la dosis de ozono incrementó.

Posteriormente, la prueba Tukey al 5% para la frecuencia presentada en la tabla 5, la frecuencia F2 de exposición total de 6 aplicaciones de agua ozonificada en 2 días, la concentración de ozono en la mosca del ápice logró una media de 10 moscas muertas. Esta media se encuentra en el rango más alto, mientras que en el segundo rango está la frecuencia F1 de exposición total de 3 aplicaciones de agua ozonificada en 2 días. La concentración de ozono en la mosca del ápice tuvo una media de 8 moscas muertas, a pesar de que la mosca estaba en su ambiente natural óptimo para su desarrollo.

Tabla 5. Prueba de Tukey para el Factor B (frecuencia). Fuente: elaboración propia.

Frecuencia	Medias	Rango
F2	10.13	A
F1	8.53	B

Por último, la prueba Tukey al 5% para la interacción A*B concentración*frecuencias presentado en la tabla 6, muestra tres rangos bien diferenciados, el primer rango para C2 F2 con una media de 18 moscas muertas, un segundo rango para C2 F1 con una media de 13 moscas muertas, C1 F1 con una media de 12 moscas muertas y C1 F2 con una media de 12 moscas muertas; el tercer rango para T1 F2 y T1 F1 con medias de 0 moscas muertas para ambos.

Tabla 6. Prueba de Tukey para la interacción (AXB). Fuente: elaboración propia.

Concentración	Frecuencia	Medias	Rango
C2	F2	18.4	A
C2	F1	13.2	B
C1	F1	12.4	B
C1	F2	12	B
T1	F2	0	C
T1	F1	0	C

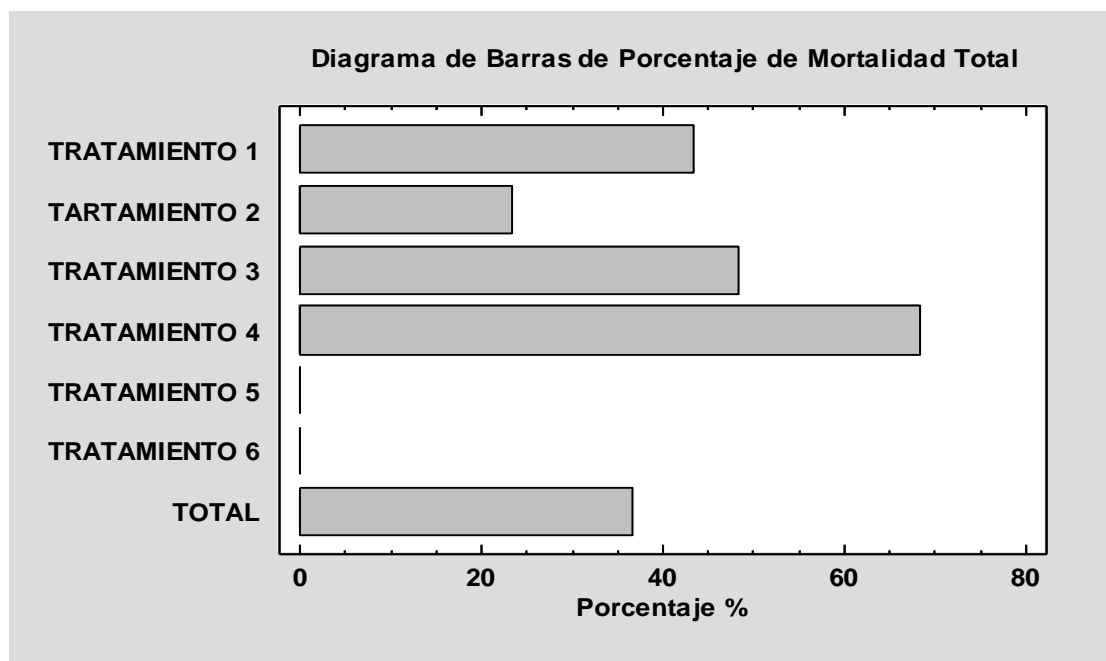
Así mismo, la interacción AXB también fue determinada como estadísticamente significativa y se observaron diferencias marcadas en la mortalidad de la mosca a las diferentes frecuencias (F2 con 6 aplicaciones y F1

con 4 aplicaciones), siendo los mayores valores en medias de 18.4 y 13.2, respectivamente. Sin embargo, las medias más altas registradas en la interacción fueron estadísticamente igual a las obtenidas en la concentración C2.

En la figura 1 que se muestra en la siguiente página se pueden observar los 6 tratamientos evaluados para la mortalidad de la mosca del ápice, en el que se especifican los siguientes porcentajes de la aplicación del agua ozonificada:

- T1 en la interacción concentración de 0.15 ppm y frecuencia de 4 aplicaciones en dos días (C1F1) 43.3%.
- T2 en la interacción concentración de 0.15 ppm y frecuencia de 6 aplicaciones en dos días (C1F2) 23.3%.
- T3 en la interacción concentración de 0.28 ppm y frecuencia de 4 aplicaciones en dos días (C2F1) 48.3%.
- T4 en la interacción concentración de 0.28 ppm y frecuencia de 6 aplicaciones en dos días (C2F2) 68.3%.
- T5 que es el testigo en el que se aplicó agua con una frecuencia de 4 aplicaciones en dos días (T1F1).
- T6 que es el testigo en el que se aplicó agua con una frecuencia de 4 aplicaciones en dos días (T1F2) 0%.

Figura 1. Porcentaje de la mortalidad total de la mosca del ápice del chocho por tratamiento. Fuente: elaboración propia.



Se puede afirmar que el mejor tratamiento para el control de la mosca del ápice del chocho fue el T4, con una concentración de 0.28 ppm y una frecuencia de 6 aplicaciones en 2 días de agua ozonificada, arrojando una mortalidad total de 36.67%.

La baja mortalidad de la mosca del ápice encontrada en los tratamientos 5 y 6 es por la relación que hubo con la presencia de la mosca, pero no con los períodos de exposición a ozono, se pudo apreciar y evidenciar que el agua en su estado natural con sus componentes tanto físicos químicos y microbiológicos NO actúa como un controlador natural de dicho insecto puesto a estudio, por lo tanto, el nivel de mortalidad del barrenador del ápice sería de del 0%.

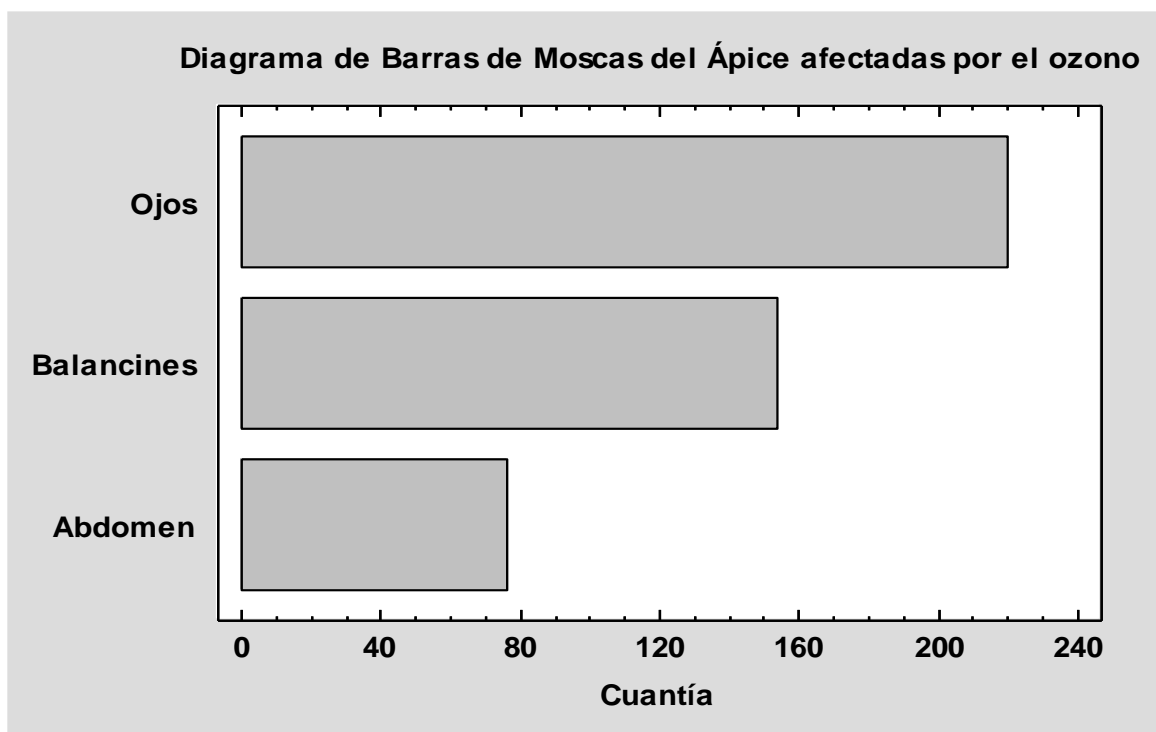
Figura 2. Efecto del agua ozonificada en la mosca del ápice del chocho en el tratamiento. Fuente: elaboración propia.



La figura 2 mostrada anteriormente tiene una diferencia en la coloración de los ojos (A) y en los balancines (B) afectando la estabilidad durante el vuelo de la mosca, además se observa una reducción del tamaño en el segmento abdominal (C), lo que se puede definir que al aplicar agua ozonificada con una mayor concentración 0.15 ppm y frecuencia de 4 veces en dos días tiene mayor efecto en la mosca del ápice del chocho.

Seguidamente, en la figura 3 demuestra que el ozono ataca a 3 partes de mosca del ápice que se puede observar por medio de un estereomicroscopio, el número total de moscas afectadas de los 4 tratamientos fueron las siguientes: 220 moscas fueron afectadas en los ojos, 154 moscas fueron afectadas en los balancines y finalmente 76 moscas fueron afectadas en el abdomen.

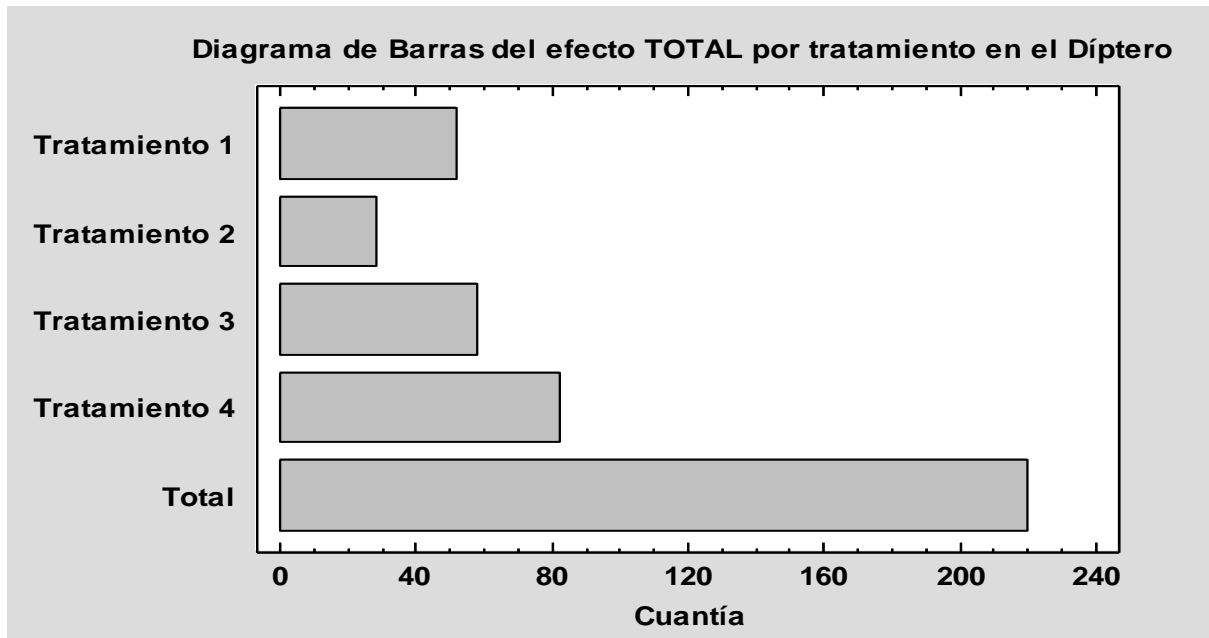
Figura 3. Diagrama de barra TOTAL del efecto de agua ozonificada en la mosca del ápice del chocho.
Fuente: elaboración propia.



Por último, en la figura 4 se muestran los 4 tratamientos y el total de moscas del ápice afectadas con el agua ozonificada dándonos los siguientes valores de mortalidad de las moscas en cada tratamiento: tratamiento 1/concentración 1 se evidencio 52 moscas afectadas, tratamiento 2/concentración 1 se evidencio 28 moscas afectadas, tratamiento 3/concentración 2 se evidencio 58 moscas afectadas, tratamiento 4/concentración 2 se evidencio 82 moscas afectadas, por lo que obtuvimos una mortalidad de 220 moscas afectadas con el agua ozonificada.

El efecto que causa el agua ozonificada sobre la mosca del ápice mostró que en la atmósfera no modificada cumple su función y se puede llegar a tener resultados positivos. De la misma manera, se evidenció diferencias significativas en concentración y frecuencia. Mientras mayor fue la concentración y la frecuencia que estuvo con las moscas del ápice, mejor porcentaje de mortalidad se obtuvo.

Figura 4. Diagrama de barra TOTAL de cada tratamiento del efecto de agua ozonificada en la mosca del ápice del chocho. Fuente: elaboración propia.



Conclusiones

Luego del desarrollo del estudio se pudo cumplir su objetivo fundamental, así como demostrar el cumplimiento de la hipótesis de la investigación, la cual comprobó que la aplicación del ozono (O₃) en diferentes concentraciones y frecuencias incide en el control del Díptero Anthomyiidae en el cultivo de chocho, por lo que es una alternativa ecológica en este sentido.

Los resultados obtenidos y discutidos permiten afirmar que la mortalidad total de la mosca del ápice del chocho se obtuvo a los 5 días después de la aplicación de ozono, en donde podemos concluir que el mejor tratamiento fue el T4 en la interacción concentración de 0.28 ppm y frecuencia de 6 aplicaciones en dos días (C2F2), se evidenció una mortalidad del 68.3% respectivamente. Se evidenció que a partir del cuarto día después de la aplicación de las concentraciones del agua ozonificada reaccionan las moléculas del ozono en el Díptero: Anthomyiidae.

Así mismo, la relación costo-beneficio es favorable para el productor agrícola ya que los beneficios en la aplicación del ozono en combatir plagas es muy eficiente el costo único de la máquina para producir el ozono es accesible y a la vez es amigable con el ambiente; considerando que dicho valor reemplaza el gasto de adquisición de productos químicos para siembras planificadas, el agua ozonificada actúa de manera eficaz en el control de la mosca de ápice del chocho, su aplicación puede servir para controlar diversas especies con la ventaja de ser usado en el momento que sea necesario. Todo ello impacta en la oxigenación de las raíces,

beneficiando el crecimiento de la planta, al mismo tiempo la calidad del producto, no produce daños al ambiente y le beneficia al productor.

Finalmente, con la propuesta presentada se evidencia un impacto medioambiental marcado para la sociedad. La aplicación de ozono tiene un amplio espectro de acción, por lo que su aplicación puede servir para controlar diversas especies, no solo de hongos fitopatógeno, sino también de bacterias y nematodos. En la agricultura, el empleo del ozono permite disminuir la presencia de virus y microorganismos, lo que facilita que las plantas crezcan de manera sana.

Para futuros trabajos se recomienda realizar más investigaciones con concentraciones altas de ozono para reducir el número de frecuencias. Esta puede ser visualizada como una alternativa de control natural, ya que además de controlar la plaga, favorece la oxigenación de las raíces de las plantas y prevenir otras enfermedades como es el ataque de hongos, bacterias y virus.

Referencias

- Abreo, H. M. B. (2022). *Procesamiento de Imágenes Digitales para Detectar Enfermedades o Plagas en Plantaciones de Banano* (Tesis de Maestría. Universidad Estatal de Milagro. Milagro, Ecuador). <https://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/6334>
- Anandakumar, S. (2016). Effect of ozone fumigation on *Lasioderma serricorne* (F.) and quality of turmeric rhizome. *Indian Journal of Entomology*, 78: 126-132.
- Arroyave, S. M. S., y Restrepo, F. J. C. (2009). Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestre económico*, 12(23), 13-34.
- Arroyo, W. F. V., Torres, C. M. T., Salinas, A. A. M., Santillán, D. F. N., Rivera, L. A. M., Párraga, A. G. D., ... & Jackson, T. (2020). Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 128-149.
- Buñay, D. A. M. (2019). *Evaluación de cinco controles alternativos para el manejo de barrenadores del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en la parroquia Palmira, cantón Guamote, provincia de Chimborazo* (Tesis de Licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador).
- Capote, M. L. C., y González, M. E. C. (2022). Percepción social del riesgo del uso de plaguicidas agrícolas en el cultivo de arroz. *Revista Científica Cultura, Comunicación y Desarrollo*, 7(3), 83-89.
- Carchi, G. E. S. (2019). Evaluación de la eficiencia de Tres Insecticidas para el Control de la Mosca de la Semilla (*delia platura. meigen*) de Chocho (*lupinus mutabilis. sweet*) por el método de recubrimiento en el Barrio San Isidro Los Bancos, Parroquia Alaquez, Latacunga, Cotopaxi, 2019 (Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador). <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5830>
- Casa, N. M. C. (2021). Evaluación del efecto de la aplicación del alcaloide de chocho para el control del barrenador del ápice (*Anthomyiidae*) en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) INIAP 450

- Andino, Anchiliví, Salcedo, Cotopaxi 2020-2021 (Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador). <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10169>
- Cepeda, M. D. L. L., Quilambaque, J. V. P., Margot, A., Quispe, N., Álvarez, E. T. M., & Pérez, J. F. R. (2021). Hermeneutical Analysis of the Determinants of Obesity using Neutrosophic Cognitive Maps. *Neutrosophic Sets and Systems*, 44, 90.
- Enjuto, M. R. D., y Querol, X. (2021). Binomio naturaleza-salud urbana; pasado, presente y futuro. *Revista de Salud Ambiental*, 21(1), 47-55.
- Figueroa, L. L. A. (2021). Inventario de la entomofauna benéfica asociada al cultivo cacao (*Theobroma cacao* L.) en la estación experimental Litoral Sur del INIAP (Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador).
- García, M. D. G. (2020). *Ozono aplicado en riego para control de enfermedades fungosas en el cultivo de pepino* (Tesis de Licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México). <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/15663>
- Guanotasig, M. P. T. (2022). *Evaluación del efecto de ozono (O₃) en el control de gorgojo (*Acanthoscelides obtectus*), en granos almacenados de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el campus Salache, Cotopaxi. 2021-2022* (Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador). <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9223>
- Hernández, D. M. V. (2019). *Revisión del uso de plaguicidas en rosales de invernadero en Tenancingo, Estado de México: Sustitución del bromuro de metilo con plaguicidas orgánicos* (Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Ciudad de México, México). <https://www.repositorioinstitucionaluacm.mx/jspui/bitstream/123456789/976/3/Dulce%20Mar%C3%A1zquez%20Hern%C3%A1ndez.pdf>
- INEC. (2011). *Sistema Estadístico Agropecuario Nacional: encuesta por superficie y producción por muestreo de áreas*. 57–58. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Quito, Ecuador.
- INEC. (2013). *Módulo Ambiental Uso de Plaguicidas en la Agricultura*. Módulo Ambiental Uso de Plaguicidas en la Agricultura. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Quito, Ecuador.
- Keivanloo, E. (2014). Effects of low ozone concentrations and short exposure time on the mortality of immature stages of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Plant Protection Research*, 54 (3): 267-271.
- Lema, A. R. C. (2022). Evaluación del macerado de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) para control de gusano cogollero (*Spondoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la localidad Plaza Arenas-Latacunga 2022 (Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador). <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/759>
- López, D. S., Pérez, J. F. R., & Fera, L. M. G. (2017). La integración en la gestión de proyectos: diagnóstico y buenas prácticas a implementar en la UCI. Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas, 10(3), 1-1.

- Muñoz, J. L. V. (2021). *Ecogeografía de la agrobiodiversidad del chocho (Lupinus Mutabilis Sweet.) en el Ecuador* (Tesis de Maestría, Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador). <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11372>
- Ortiz, C. V. T., & Orihuela, J. C. A. (2022). Asociación de cultivos, alternativa para el desarrollo de una agricultura sustentable. *Siembra*, 9(1).
- Pérez, C. B., y Calzadilla, M. P. R. (2011). Calidad del agua de riego y su posible efecto en los rendimientos agrícolas en la Empresa de Cultivos Varios Sierra de Cubitas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(3), 19-23.
- Pérez, J. F. R. (2022). Evaluación del desempeño competitivo de las instituciones prestadoras de servicios médicos en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial en Ensenada, Baja California (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Baja California, México). <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/bitstream/20.500.12930/9277/1/ENS095349.pdf>
- Pincay, J. (2014). *Determinación de la dosis óptima de ozono en ppm para el manejo de Sigatoka Negra (Mycosphaerella fijiensis) en una plantación de banano procedente de meristema* (Tesis de Licenciatura. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador).
- Quishpe, S. M. Q. (2020). *Caracterización fisiológica y física del recubrimiento órgano-mineral de la semilla de chocho (lupinus mutabilis sweet) utilizando tres tipos de polímeros* (Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador).
- Rumipamba, J. D. Y. (2021). *Evaluación de tres tipos de abonos orgánicos a tres dosis en el comportamiento agronómico de Arveja (pisum sativum) en terrazas de banco, CEYPSA-UTC, provincia de Cotopaxi, 2021* (Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador). <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8154>
- Tercero, A. M. T. (2019). *Evaluación del efecto de tres herbicidas selectivos con tres dosis para el control de malezas en el Cultivo de Chocho (lupinus mutabilis sweet) en post-emergencia en la Unidad Educativa Simón Rodríguez, Parroquia Aláquez, Latacunga, Cotopaxi 2019* (Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador). <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5861>
- Vinueza, D. L. S. (2021). *Conocimientos y prácticas en el uso del chocho (Lupinus Mutabilis) como fuente alimentaria, en los habitantes de la comunidad de Araque de San Pablo del Lago, Otavalo* (Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador). <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11272>
- Zanabria, R. B., Bickel, U., y Jacobi, J. (2019). Plaguicidas químicos usados en el cultivo de soya en el Departamento de Santa Cruz, Bolivia: riesgos para la salud humana y toxicidad ambiental. *Acta nova*, 9(3), 386-416.