

Control de caracol manzana con quelato de cobre y agua ozonizada en arroz a nivel de campo

Ángel Bernardo Llerena Hidalgo

Departamento de Agropecuaria-Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo-Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

Autor para correspondencia: angel.llerena@cu.ucsg.edu.ec.

Resumen

La plaga que más problemas ha causado en los últimos años en el arroz (*Oryza sativa* L.) es el Caracol manzana (*Pomacea canaliculata* Lamarck), esta plaga está considerada entre las 100 peores especies invasoras del mundo. El presente trabajo es un ensayo experimental a nivel de campo donde se aplicaron diferentes dosis de quelato de cobre y agua ozonizada para el control del caracol manzana en el cultivo de arroz, para lo cual se utilizó un diseño de bloque completo al azar (DBCA), con cinco tratamientos incluido el testigo y cuatro repeticiones. El sitio experimental se ubicó en una finca del cantón Salitre, provincia del Guayas, Ecuador con clima tropical. Se evaluó el índice de mortalidad de los caracoles frente a los tratamientos propuestos. El tratamiento T4, que correspondía a la dosis de 2 L ha⁻¹ de quelato de cobre mezclado con agua ozonizada con 2 ppm de concentración, fue el tratamiento que mejor control de caracol manzana se observó, dando como resultado 94% de mortalidad.

Palabras clave: agua ozonizada, caracol manzana, cobre.

Recibido: enero de 2022

Aceptado: febrero de 2022

El arroz (*Oryza sativa* L.) es considerado como un alimento básico para más de la mitad de la población en el mundo (Singh, 2015). Convirtiéndose en un producto agrícola importante, generando ingresos a lo largo del siglo XX, el mismo que ha ido evolucionando desde un cultivo de secano, hasta convertirse en un cultivo altamente tecnificado y productivo (Dugan, 2015). La plaga que más problemas ha causado en los últimos años en el cultivo de arroz es el caracol manzana dorado, *Pomacea canaliculata* (Lamarck) y está considerado entre las 100 peores especies invasoras del mundo (Global Invasive Species Database, 2013; Carvalho, 2019). Para la producción de arroz se requiere gran cantidad de agua, pero esto facilita la diseminación, alimentación y multiplicación del caracol manzana (Quiroz, 2012).

En los arrozales, *P. canaliculata* tiene una alta fecundidad y sus poblaciones pueden aumentar rápidamente en condiciones favorables (Ding *et al.*, 2017). El caracol causa más daño después de la eclosión de los huevecillos (Gilioli *et al.*, 2017). Además, esta plaga ha sido identificada como un vector importante de *Angiostrongylus cantonensis*, causando meningitis eosinofílica en humanos (Huang *et al.*, 2019). *P. canaliculata* ha reducido significativamente la productividad del arroz en todo el mundo, particularmente en los países asiáticos y latinoamericanos (Correoso *et al.*, 2017; Castillo *et al.*, 2018). Según la Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario (2014) las pérdidas pueden alcanzar hasta 60%-90% de las plantas.

Los daños más importantes se producen durante los primeros estados fenológicos de las plántulas ya que las devoran causando daños extensos tanto en el arroz trasplantado como en el de semillas directas (al boleto) (Ibrahim *et al.*, 2017). Su hábito de alimentación es hacia los tallos y hojas jóvenes de arroz con cáscara y podría consumir de 7 a 24 plántulas de arroz por día lo que daría como resultado un daño extremo al cultivo de arroz (Lee *et al.*, 2019). En muchos países, las principales medidas de control utilizadas por los productores de arroz son los molusquicidas sintéticos como el metaldehído y la niclosamida (Hamid *et al.*, 2015; Olivier *et al.*, 2016).

La niclosamida, actualmente es reconocido como uno de los pesticidas más efectivos en el control de *P. canaliculata*, así como otros caracoles, como *Biomphalaria* y *Oncomelania* (Yang *et al.*, 2016). Sin embargo, estos productos son tóxicos para especies no objetivo como peces, crustáceos, algas, renacuajos y larvas de mosquitos (Attademo *et al.*, 2016). El uso de molusquicidas oxidantes basados en ozono y peróxidos es una buena alternativa ecológica; sin embargo, el control completo requiere una exposición casi continua a los residuos oxidantes para inducir la mortalidad, lo que puede no ser posible para todos los escenarios de tratamiento (Lake y Hofmann, 2019).

Los molusquicidas no oxidantes tienen un costo por volumen más alto que los químicos oxidantes, pero siguen siendo rentables debido a las menores tasas de uso, exposición corta requisitos de tiempo y rápida toxicidad (The United States Army Corps of Engineers, 2012; Nagma *et al.*, 2017). Uno de ellos son las sales y quelatos de cobre, además de ser de uso orgánico (Capinera y Dickens, 2016). El cobre (Cu^{2+}) es uno de los elementos micronutrientes esenciales para las plantas, pero el Cu^{2+} excesivo es tóxico para los organismos vivos (Hammond y Ferris, 2019); causando una amplia gama de efectos nocivos como la inhibición de la fotosíntesis y la síntesis de pigmentos, el daño a las membranas plasmáticas y otras alteraciones metabólicas (Yruela, 2009).

La mortalidad de los moluscos se debe a que sus altas concentraciones son tóxicas en la naturaleza, causando una interrupción final de la estructura del ADN y las proteínas, lo que finalmente resulta en la muerte (de Oliveira-Filho *et al.*, 2004). Por lo tanto, se planteó evaluar el efecto del quelato

de cobre en combinación con agua ozonizada (un molusquicida oxidante y un no oxidante) en el control del caracol manzana y con esto lograr disminuir la carga de pesticidas químicos usados para el cultivo de arroz.

Localización

Se realizaron los ensayos en una finca del cantón Salitre, provincia del Guayas. Se realizó en terrenos de la Hacienda ‘Delia María’ en el km 46. Estos terrenos fueron cedidos por los dueños para poder realizar los estudios. Las condiciones edafoclimáticas son típicas de un clima tropical (Cuadro 1).

Cuadro 1. Condiciones edafoclimáticas de las haciendas ubicadas en el cantón Salitre.

Longitud oeste	79° 81'00"	Precipitación anual	1 200 mm
Latitud sur	01° 83'12"	Temperatura media anual	25 °C
Altitud	8 m	Humedad media relativa anual	80%
Suelo	Arcilloso	pH	6.1

Material vegetal

Se trabajó con arroz variedad INIAP-14 (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1999). Ciclo vegetativo de 113- 117 días. Altura de planta de 99-107 cm, grano largo, arroz entero al pilar 62%, latencia de la semilla 4-6 semanas (INIAP, 1999).

Diseño experimental

El método utilizado en el ensayo fue experimental de campo, para lo cual se utilizó un diseño de bloque completo al azar (DBCA) con prueba de significancia Duncan al 5%. El ensayo fue dividido en parcelas, cada una correspondía a un bloque experimental con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental en la finca es una parcela de 5 x 5 m, que equivale a 25 m², el área total del ensayo fue de 25 x 25 m = 625 m² y el área útil del ensayo fue de 25 m² (área útil de la parcela) x 20 parcelas = 500 m².

Los tratamientos en estudio (Cuadro 2) fueron cultivados bajo sistema de piscina. Para cada tratamiento se colocaron 50 caracoles en total. Se estudiaron cinco tratamientos en los cuales se evalúa la dosis de 1 L y 2 L de quelato de cobre y la influencia del ozono, con concentración de 2 ppm, en el control del caracol.

Cuadro 2. Tratamientos de quelato de cobre y agua ozonizada utilizados en el estudio.

Tratamiento	Dosis
T1	1 L de quelato de cobre/200 L de agua
T2	2 L de quelato de cobre/200 L de agua
T3	1 L de quelato de cobre/200 L agua ozonizada (C= 2 ppm)
T4	2 L de quelato de cobre/200 L agua ozonizada (C= 2 ppm)
T5	Agua ozonizada (C= 2 ppm)

Ozonización de agua

Para ozonizar el agua se utilizó un equipo generador de ozono (O₃) de tipo descarga de corona de 20 g O₃ h, alimentado por gas oxígeno (O₂) de 99.99% de pureza y mediante burbujeo se mezcló el gas ozono con el agua hasta llegar a 2 ppm. Para medir la concentración de ozono en el agua se utilizó un colorímetro (CHEMetrics®).

Mortalidad

La mortalidad de los caracoles se evaluó al día siguiente después del tratamiento. Se investigó un total de diez cuadros cuadrados (0.1 m²) en cada parcela mediante muestreo sistemático aleatorio. Se recogieron todos los caracoles dentro de los marcos, se lavaron con agua desclorada y se dejaron recuperar durante 24 h. Los caracoles fueron considerados muertos por la presencia de decoloración, la ausencia de contracción muscular, hemorragia y el deterioro del cuerpo. El porcentaje de mortalidad (IM= número de caracoles muertos*100/número total de caracoles) se basa en la observación de caracoles muertos encontrados en un número total de individuos.

Análisis de datos

Usando el programa InfoStat los datos recogidos fueron sometidos al análisis de varianza (Anova) con cuatro repeticiones. La prueba de significancia utilizada fue la de Duncan al 5%.

El cobre es un molusquicida no oxidante que es efectivo contra el caracol manzana y es permitido como un molusquicida en plantaciones de tipo orgánico, esto debido a su baja toxicidad (McCartney, 2016; Wang *et al.*, 2019). La quelatación del metal es importante puesto que hace los iones metálicos sean más disponibles para la absorción por las plantas o para el bloqueo de metales pesados Clemens *et al.* (1990). Los quelatos más comunes utilizados en la agricultura son EDTA (Ethylenediaminetetraacetic acid), EDDS (Ethylenediamine-N, N'-disuccinic acid), DTPA (diethylenetriaminepentaacetic acid) y EDDHA (ethylenediamine-N, N'-bis (2-hydroxyphenylacetic acid)) (Murali *et al.*, 2018).

El ozono es una molécula con un potencial electroquímico alto y por lo tanto capaz de afectar las membranas de las células de los organismos vivos, además de brindar beneficios agronómicos a los cultivos (Landa *et al.*, 2018; Pandiselvam *et al.*, 2019). El Cuadro 3 indica que el quelato de cobre y el agua ozonizada presentaron efectos molusquicidas frente al *P. canaliculata*.

Cuadro 3. Efecto Molusquicida de los tratamientos con quelato de cobre y agua ozonizada frente al *P. canaliculata* en pruebas de campo por el método de inmersión.

Tratamiento	Mortalidad (%)
T1	83 ±5.29 b
T2	91.75 ±1.91 cd
T3	88 ±3.65 bc
T4	94 ±3.27 d
T5	10.5 ±1.91 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Los valores de promedio representan la media ± desviación estándar.

Existe diferencia significativa entre los tratamientos con cobre quelatado y el tratamiento testigo T5, por lo que podemos considerar como efectivo el efecto del quelato de cobre sobre los caracoles. Se observa que la dosis de 2 L ha⁻¹, que corresponden a los tratamientos T2 y T4 con 91.75% y 94% respectivamente, es de mejor efectividad, frente al *P. canaliculata*, que los tratamientos T1 y T3 con 83% y 88% respectivamente, en los cuales se utilizó una menor la dosis de 1 L ha⁻¹. Esto concuerda con investigaciones previas donde indican que el cobre en ciertas concentraciones es tóxico para los organismos vivos como los moluscos (Chakraborti *et al.*, 2016; Rhys, 2018).

En el estudio de Osorio *et al.* (2012) demostraron que la composición de la fórmula con cobre quelatado fue eficaz para disminuir la cantidad de posturas del caracol, pero no así para el control de los animales adultos dentro de las parcelas, dando una mortalidad menor de 70%. Además, se observa que el ozono en sinergia con el quelato de cobre es mejor que los tratamientos individuales, evidenciándose en los tratamientos T3 y T4. El tratamiento que presentó mayor índice de mortalidad es el T4, donde se utilizó 2 L ha⁻¹ de quelato de cobre con 200 L de agua ozonizada con 2 ppm de concentración, este dio una mortalidad de 94% siendo una alternativa para disminuir el uso de pesticidas químicos.

Estudios realizados por Guzman (2019) en la misma zona indican que el agua ozonizada con quelato de cobre mejora el control del *P. canaliculata* en cultivos de arroz. Se cree que el mecanismo de acción de los productos a base de cobre se dirige a procesos fisiológicos específicos, como el transporte de electrones en el fotosistema, la división celular y la fijación de nitrógeno y al combinarlo con el agua ozonizada mejora el control del *P. canaliculata*, posiblemente por la doble acción molusquicida oxidante y no oxidante, demostrándose en los resultados del Cuadro 3.

Conclusiones

El resultado de este ensayo indica que el aplicar diferentes dosis de quelato de cobre, incide en la mortalidad del caracol manzana (*Pomacea canaliculata*) en el cultivo del arroz. El tratamiento 4, el cual estaba formulado con 2 L de quelato de cobre y 200 L de agua ozonizada con concentración de 2 ppm, dio el mejor resultado ya que controló al caracol manzana en 94%. Se sugiere investigar a mayores concentraciones de ozono.

Agradecimientos

El autor agradece al Instituto de Investigación e Innovación (SINDE) de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG), por el financiamiento del proyecto: 'Efecto de una disolución de quelato de cobre y ozono en el grado de infestación del caracol manzana (*Pomacea canaliculata*) en el cultivo de arroz', que es parte del presente artículo.

Literatura citada

- Attademo, A.; Lajmanovich, R. and Peltzer, P. 2016. Acute toxicity of metaldehyde in the invasive rice snail *Pomacea canaliculata* and sublethal effects on tadpoles of a non-target species (*Rhinella arenarum*). *Water Air Soil Pollut.* 227:400-409.
- Capinera, J. L. and Dickens, K. 2016. Some effects of copper-based fungicides on plant-feeding terrestrial mollusks: a role for repellents in mollusk management. *Crop Protec.* 83:76-82.

- Carvalho, F.; Gosmann, G. and Turcato, G. 2019. Extracts of the unripe fruit of *Ilex paraguariensis* as a potential chemical control against the golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) (Gastropoda, ampullariidae). *Natural Product Res.* 33(16):2379-2382.
- Castillo, M.; Cañon, H.; Schlotterbecka, T.; López, M.; Tomase, A. and San-Martín, R. 2018. Safety and efficacy of quinoa (*Chenopodium quinoa*) saponins derived molluscicide to control of *Pomacea maculata* in rice fields in the ebro delta, Spain. *Crop Protec.* 111:42-49.
- Chakraborti, R. K.; Madon, S. and Kaur, J. 2016. Costs for controlling dreissenid mussels affecting drinking water infrastructure: case studies. *J. Am. Water Works Association.* 108:E442-E453.
- Clemens, D. F.; Whitehurst, B. M. and Whitehurst, G. B. 1990. Chelates in agriculture. *Fertilizer research.* 25(2):127-131.
- Correoso, M.; Coello, M. and Espinosa, E. 2017. *Pomacea canaliculata* in Ecuador a recent pest with multiple implications. <https://www.cabi.org/isc/FullTextPDF/2017/20173354473.pdf>.
- De Oliveira-Filho, E.; Lopes, R. and Paumgartten, F. 2004. Comparative study on the susceptibility of freshwater species to copper-based pesticides. *Chemosphere.* 56(4):369-374.
- Ding, W.; Huang, R.; Zhou, Z.; Hea, H. and Li, Y. 2017. Ambrosia artemisiifolia as a potential resource for management of golden apple snails (*Pomacea canaliculata* Lamarck). *Pest Manag. Sci.* 74:944-949.
- Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario. 2014. El caracol manzana: *Pomacea maculata* y *Pomacea canaliculata*. Informaciones técnicas. https://www.aragon.es/documents/20127/674325/Caracol_manzana.pdf/adf194d6-1b15-3d29-53a5-62f68f7b4c12.
- Dugan, M. 2015. Commodity of the quarter rice. *J. Agric. Food Infor.* 16(1):3-10.
- Gilioli, G.; Pasquali, S. and Martín, P. 2017. A temperature-dependent physiologically based model for the invasive apple snail *Pomacea canaliculata*. *Intr. J. Biometeorol.* 61:1899-1911.
- Global Invasive Species Database. 2013. 100 of the world's worst invasive alien species. http://www.iucngisd.org/gisd/100_worst.php.
- Guzman, P. 2019. Efecto del quelato de cobre más agua ozonizada en el control de caracol manzana (*Pomacea canaliculata*) en el cultivo arroz de la zona de Salitre. Tesis de Grado. Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/10210/1/t-ucsg-pre-tec-agro-135.pdf>.
- Hamid, S.; Halim, N. and Sarbon, N. 2015. Optimization of enzymatic hydrolysis conditions of golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) protein by alcalase. *Inter. Food Res. J.* 22(4):1615-1623.
- Hammond, D. and Ferris, G. 2019. Low doses of earthtec qzionic copper used in effort to eradicate quagga mussels from an entire Pennsylvania Lake. *Manag. Biol. Invasions.* 10(3):500-516.
- Huang, D.; Huang, Y.; Tang, Y.; Zhang, Q.; Li, X.; Gao, S.; Hua, W. and Zhang, R. 2019. Survey of *Angiostrongylus cantonensis* infection status in host animals and populations in shenzhen. *Vector-Borne Zoonotic Dis.* 19(10):717-723.
- Ibrahim, R.; Haiyee, Z. A. and Latip, S. N. H. M. 2017. The antifeedant activity of essential oil from *Cymbopogon citratus* and piper bitle for controlling golden apple snail, *Pomacea canaliculata*. *J. Fundamental Appl. Sci.* 9(6S):39-47
- INIAP. 1999. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Boliche. 'Filipino': nueva variedad de arroz. Guayaquil, Ecuador. INIAP 14. Plegable Promocional Núm. 2.

- Landa, A.; Fernández, I.; Monje, R. and Orta, M. T. 2018. Tomato crop improvement using ozone disinfection of irrigation water. *Ozone: Sci. Eng.* 41(5):398-403.
- Lake, I. and Hofmann, R. 2019. Effectiveness of a copper based molluscicide for controlling dreissena adults. *Environmental science: water research and technology.* 5:693-703.
- Lee, S.; Park, C.; Lee, C. R.; Ko, B.; Park, K.; Hong, S. and Kim, J. 2019. The environmental adaptability of *Pomacea canaliculata* used for weeding control in wet rice paddies and crop damage caused by overwintered golden apple snails. *Korean J. Environ. Agric.* 38(1):23-33.
- McCartney, M. 2016. Summary report: field evaluation of toxicity of low-dose molluscicide treatments for zebra mussel veliger larvae-potential applications in lake management. Prepared for minnehaha creek watershed district. Minnesota. 1-52 pp.
- Murali, S.; Jawahar, D. and Chitdeshwari, T. 2018. Effects of Fe chelates on growth and yield attributes of blackgram on a black calcareous soil. *Madras Agric. J.* 105(1-3):20-23.
- Naghma, K.; Zehra, K.; Nasir, H. N.; Imtiaz, B. and Sikender, H. 2017. Effect of copper sulfate on eradication of snail's specie, *Oncomelania quadrasi*, in aquatic habitats having labeo rohita as a selected fish. *Iranian J. Fisheries Sci.* 16(2):800-814.
- Olivier, H.; Jenkins, J. and Berhow, M. 2016. A pilot study testing a natural and a synthetic molluscicide for controlling invasive apple snails (*Pomacea maculata*). *Bull Environ. Contam. Toxicol.* 96:289-294.
- Osorio, V.; Félix, I.; Ramos, N. y González, R. 2012. Ensayo de eficacia para el control de caracol (*Pomacea canaliculata*) en el cultivo de arroz bajo trasplante con el molusquicida cobre quelatado, en la zona de palestina, provincia del guayas. <https://vdocuments.mx/cobre-quelatado-como-medio-de-control-del-caracol-manzana-en-cultivos-de-arroz.html>.
- Pandiselvam, R.; Subhashini, S.; Banuu, E.; Anjineyulu, S.; Ramesh, V. and Shahir, S. 2019. Ozone based food preservation: a promising green technology for enhanced food safety. *Ozone Sci. Eng.* 41(1):17-34.
- Quiroz, J. 2012. Recomendaciones para minimizar el daño del caracol *Pomacea canaliculata* en la producción de arroz. Estación Experimental Litoral Del Sur. INIAP. EC. Plegable núm. 388.
- Rhys, I. 2018. Dreissena fouling control for water treatment plants and the investigation of a new copper-based molluscicide. Tesis de Maestría. Department of Civil y Mineral Engineering, University of Toronto.
- Singh. 2015. Global warming impact. In climate change effect on crop productivity. Crc press, Florida, USA.
- Wang, K.; Liu, Y.; Song, Z.; Khan, Z. H. and Qiu, W. 2019. Effects of biodegradable chelator combination on potentially toxic metals leaching efficiency in agricultural soils. *Ecotoxicol. Environ. Safety.* 182 p.
- Yang, C.; Zhang, M.; Lei, B.; Gong, G.; Yue, G.; Chang, X. and Chen, H. 2016. Active saponins from root of *Pueraria eduncularis* (Grah. Ex Benth.) benth and their molluscicidal effects on *Pomacea canaliculata*. *Pest Manag. Sci.* 73(6):1143-1147.
- Yruela I. 2009. Copper in plants: acquisition, transport and interactions. *Funct. Plant Biol.* 36:409-430.