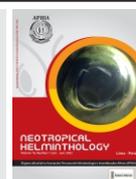




Neotropical Helminthology



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

PREDATION OF *Aedes aegypti* (LINNEAUS, 1762) LARVAE BY THE BIOREGULATOR *Gambusia punctata* (POEY, 1854) UNDER NOCTURNAL CONDITIONS

DEPREDACIÓN LARVARIA DE *Aedes aegypti* (LINNEAUS, 1762) POR EL BIORREGULADOR *Gambusia punctata* (POEY, 1854) EN CONDICIONES NOCTURNAS

George Argota-Pérez^{1*} & José Iannacone^{2,3}

¹Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AMTAWI". Puno, Perú. george.argota@gmail.com

²Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA). Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental (GISA), Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Lima, Perú.

³Laboratorio de Parasitología. Grupo de Investigación "One Health". Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP). Lima, Perú. jose.iannacone@urp.edu.pe

*Corresponding author: george.argota@gmail.com

George Argota-Pérez: <https://orcid.org/0000-0003-2560-6749>

José Iannacone: <https://orcid.org/0000-0003-3699-4732>

ABSTRACT

The objective of the study was to describe the predation of the larvae of *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) by the bioregulator *Gambusia punctata* (Poey, 1854) under nocturnal conditions. The study was carried out in a domestic drinking water tank with a capacity of 20 000 L. Ten adult females of *G. punctata* were placed without feeding for 48 h. An infrared night vision HD video camera (version: DV-FR480) was attached and then, after 72 h, 10 *A. aegypti* mosquito larvae (L₃ and L₄) were deposited at night time, 5 min in three replicates. The larvae were tied with a generic black polyester thread and introduced at the same time until contact with the water surface. Recognition time (s) and predation of *G. punctata* were measured. The average recognition and predation by *G. punctata* on *A. aegypti* larvae showed statistically significant differences. The predatory capacity of mosquito larvae by *G. punctata* was instantaneous under night time conditions. It is concluded that the predatory capacity of *G. punctata* is natural and its recognition by *A. aegypti* larvae takes place in seconds, which is essential to maintain the biocontrol of this vector agent.

Keywords: *Aedes aegypti* – *Gambusia punctata* – nocturnal predation

Este artículo es publicado por la revista *Neotropical Helminthology* de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú auspiciado por la Asociación Peruana de Helminthología e Invertebrados Afines (APHIA). Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.

doi:10.24039/rmh20221611383

RESUMEN

El objetivo del estudio fue describir la depredación de la fase larvaria de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) por el biorregulador *Gambusia punctata* (Poey, 1854) en condiciones nocturnas. El estudio se realizó en un tanque de agua potable de origen doméstico con capacidad de 20 000 L. Se ubicaron 10 hembras adultas de *G. punctata* sin alimentación durante 48 h. Se fijó una videocámara HD de visión nocturna infrarrojo (versión: DV-FR480) y luego, de las 72 h se depositaron, a través de 10 agujeros y en horario nocturno, 10 larvas del mosquito (L_3 y L_4) de *A. aegypti* cada 5 min en tres réplicas. Las larvas se amarraron con un hilo genérico de poliéster color negro y se introdujeron al mismo tiempo hasta el contacto con la superficie del agua. Se midió el tiempo (s) de reconocimiento y la depredación de *G. punctata*. El promedio de reconocimiento y la depredación por *G. punctata* ante las larvas de *A. aegypti* no mostró diferencias estadísticamente significativas. La capacidad depredadora de las larvas de mosquito por *G. punctata* fue instantánea en condiciones de horario nocturno. Se concluye, que la capacidad depredadora de *G. punctata* es natural y su reconocimiento ante las larvas de *A. aegypti* transcurre en seg, lo cual es fundamental para mantener el biocontrol de este agente vectorial.

Palabras clave: *Aedes aegypti* – condiciones nocturnas – depredación – *Gambusia punctata*

INTRODUCCIÓN

Aproximadamente, el 17% de las enfermedades infecciosas son transmitidas por vectores y causan más de 1 millón de muertes durante el año en todo el mundo (Bhatt *et al.*, 2013). Por lo general, el control de larvas y vectores que provocan enfermedades tropicales como la malaria, el dengue, el zika entre otros, se realiza mediante el uso de insecticidas (Kebede *et al.*, 2017; Kapesa *et al.*, 2018). Se conoce que algunas especies como *Anopheles gambiae* (Giles, 1902) y *Culex pipiens* (Linnaeus, 1758) muestran resistencia a la mayoría de los insecticidas sintéticos que se utilizan para su regulación (Kudom *et al.*, 2015; Kandel *et al.*, 2019; Suzuki *et al.*, 2020), pero al mismo instante, los insecticidas sintéticos ocasionan efectos no deseados al ecosistema (Pavela, 2015; Robert *et al.*, 2020).

Aedes aegypti, es una de las especies de mosquitos dañinas al hombre, pues ocasiona elevadas tasas de morbilidad y mortalidad (WHO, 2014; Cuthbert *et al.*, 2018), además de presentar mecanismos de adaptación que la protege del clima y la depredación en sistemas sépticos ricos en amoníaco permitiendo que sus poblaciones persistan y trasmitan enfermedades durante todo el año (Barrera *et al.*, 2008; Durant & Donini, 2019), incluso *A. aegypti*, explora condiciones de agua salobre en regiones costeras donde ocurre la

inundación de agua de mar (Ramasamy & Surendran, 2016; Surendran *et al.*, 2018). Ante este comportamiento adaptativo de *A. aegypti*, se requiere asegurar su biocontrol mediante el uso con peces larvívoros (Chandra *et al.*, 2008; Gachelin *et al.*, 2018), y con ello, prevenir brotes, ya que no existen vacunas o tratamientos específicos contra estos patógenos (Basso *et al.*, 2015; Guarner & Hale, 2019).

En el género *Gambusia* se encuentran algunas de las especies más extendidas a nivel mundial por su capacidad depredadora larval (Van-Dam & Walton, 2007; Dambach, 2020), y entre ellas se encuentran la *Gambusia punctata* (Poey, 1854), la cual es de importancia higiénico-sanitaria en Cuba (Fimia *et al.*, 2016), y su capacidad depredadora larvaria no se inhibe, aun cuando las condiciones ambientales del medio sean desfavorables (Argota *et al.*, 2020).

Debido que no existen vacunas o tratamientos específicos contra los patógenos que transmiten los agentes vectoriales como es *A. aegypti* (Basso *et al.*, 2015; Guarner & Hale, 2019), se requiere prevenir cualquier brote que puedan ocasionar estos mosquitos y la regulación principal sería desde la potencial depredación con los propios animales acuáticos como es *G. punctata*. Los peces nativos para el biocontrol de larvas son herramientas eficientes y prácticas, pues su adquisición es fácil, de bajo costo y el manejo es

sencillo (García & González, 1986; Valero *et al.*, 2006). Según, Hernández *et al.* (2005), la capacidad depredadora de los peces se considera, como el consumo de larvas de mosquitos presentes en el medio durante las 24 h, y el potencial larvívoro, es la propiedad que tienen algunas especies para incluir en su dieta estadios inmaduros de culícidos. Dada esta conceptualización, los peces de *G. punctata* pueden depredar las larvas de mosquitos en cualquier intervalo horario.

El objetivo del estudio fue describir la depredación larvaria de *A. aegypti* por el biorregulador *G. punctata* en condiciones nocturnas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un tanque de agua potable de origen doméstico (capacidad de 4000 L) que se

encontraba sin cubierta de protección y, por ende, con alta probabilidad de ser un criadero de larvas de *A. aegypti*. Se ubicaron 10 hembras adultas de *G. punctata* muestreadas del río San Juan (Santiago de Cuba, Cuba) donde no se suministró alimentación durante 48 h. Para describir la depredación, se fijó previamente, una videocámara HD de visión nocturna infrarrojo (versión: DV-FR480, China). Luego de las 72 h, a través de 10 agujeros de 5 mm de diámetro (Figura 1) y en horario nocturno, se introdujeron cada 5 min durante tres réplicas, 10 larvas de mosquitos (L₃ y L₄) que fueron suministradas por trabajadores salud pública vinculados a la campaña contra el *A. aegypti*. cada cinco min durante tres réplicas. Las larvas se amarraron con un hilo genérico de poliéster color negro y se introdujeron al mismo tiempo hasta el contacto con la superficie del agua. Se midió el tiempo de reconocimiento-depredación (s) por *G. punctata*.

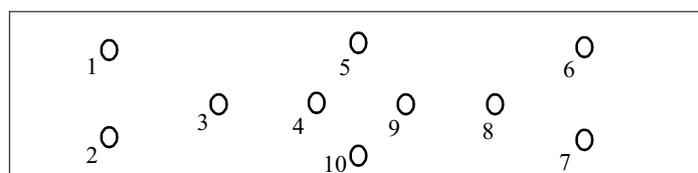


Figura 1. Marcaje y espacio de los agujeros en la introducción y el suministro de larvas de *Aedes aegypti*.

Se utilizó el programa estadístico profesional Statgraphics Centurion 18 para el tratamiento de los datos. La normalidad de los datos fue mediante la prueba Shapiro-Wilk. No se realizó la prueba de Bartlett para la homocedasticidad de varianza, pues se reconoció que los peces de *G. punctata* muestran igual capacidad de reconocimiento-depredación de las larvas de *A. aegypti*. La comparación sobre el reconocimiento-depredación durante los tres suministros de larvas de *A. aegypti* por cada agujero se realizó, a través del análisis de varianza (ANOVA). De existir diferencias estadísticamente significativas, entonces se consideró la prueba de rangos múltiples de Bonferroni por el número reducido de pares a comparar. Los resultados fueron significativos cuando $p < 0,05$.

Aspectos éticos: se considera como aspectos éticos, la exclusión de toda información indebida, pues se muestra para la veracidad de las comunicaciones científicas desde el registro en revistas indexadas. Se cumplió con el muestreo de

los ejemplares de *G. punctata* donde se seleccionó, solo el número de individuos necesarios para el experimento. El resto, nuevamente se devolvieron a su medio natural. Las larvas de *A. aegypti* al ser suministradas durante el día, se cumplió con mantenerlas en cubetas rectangulares (30m x 15 cm x 5cm), agua no clorada y se les suministró 0,5 harina de pescado seca para su supervivencia hasta el horario nocturno.

RESULTADOS

Se muestra, que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($F = 0,17$; $p = 0,99$), en el tiempo de reconocimiento-depredación de la *G. punctata* ante las larvas de *A. aegypti*. La Sumatoria del tiempo para la detección de las larvas en los agujeros centrales (4, 5, 9 y 10) fue 3 s menor, al promedio total entre los agujeros: $4,77 \pm 1,41$ s (Tabla 1).

Tabla 1. Tiempo (s) de reconocimiento-depredación en seg de las larvas de *Aedes aegypti* por *Gambusia punctata*.

Agujero	Promedio
1	5,00±1,00
2	4,67±1,53
3	5,33±2,08
4	4,33±1,53
5	5,33±2,08
6	4,33±0,58
7	4,67±1,53
8	4,67±2,31
9	5,00±2,00
10	4,33±0,58
Total	4,77±1,41

DISCUSIÓN

Debe reconocerse, que el traslado de cualquier individuo fuera de su ambiente natural, es una situación de estrés donde puede ser posible la inhibición momentánea de alguna función biológica, pero en este estudio se observó, de manera inmediata el reconocimiento-depredación de las larvas de *A. aegypti* por la *G. punctata*. Este hallazgo, bajo condiciones no naturales se considera de interés, pues la presencia de larvas de mosquitos en los cuerpos de agua significa un peligro extraordinario para la salud humana (Lima *et al.*, 2019; Louis, 2020). El control larvario, es una necesidad social (WHO, 2016), y más cuando los depósitos domiciliarios no se encuentran protegidos.

Aedes aegypti, se distribuye en muchos biotopos a nivel mundial, por cuanto el objetivo por parte de las entidades reguladoras de salud pública hacia el control de este vector, es cada vez mayor (Mint *et al.*, 2017; Owino, 2018). Alshaimaa *et al.* (2022), describen que desde 1937 se puede reducir las plagas de mosquitos mediante la depredación con peces larvívoros, pues es un método eficaz y como estrategia de biocontrol, resulta rentable en el control vectorial a largo plazo. Asimismo, Das *et al.* (2018), indican que, en una región endémica de malaria en la India se realizó, una investigación sobre la capacidad depredadora de peces larvívoros y el orden Cypriniformes como la familia Cyprinidae fueron las mas representativas a pesar, que *G. punctata* pertenece a la familia Poeciliidae,

pero sí se ubica en el Orden Cypriniformes lo que corrobora, el reconocimiento-depredación de las larvas de mosquitos.

De igual modo, una de las especies del mismo género, es *G. affinis* donde Sarwar (2015), mencionó que representa excelente control biológico y que, al mismo tiempo es muy utilizado a nivel mundial, aunque propone que se debe implementar un control integrado de plagas.

Noreen *et al.* (2017), reiteran que el control ecológico de los mosquitos, es la mejor opción donde encontraron en su estudio la preferencia de larvas vivas por *G. affinis*. Este comportamiento se correspondió con todos los peces larvívoros que se evaluaron, pues el porcentaje de consumo de las larvas muertas fue de 37,14% en comparación con las larvas vivas del 65,72%. Asimismo, la tasa de consumo para cada pez se halló entre 180 y 190 larvas por día. Este número de consumo, quizás justifica el tiempo muy corto promedio que se observó en este estudio sobre el reconocimiento-depredación que fue de 4,77±1,41 s. También se reportó, la descripción de consumo de las larvas donde el 88,75% se correspondió en presencia de luz y solo el 51,25% en la oscuridad por parte, de *G. affinis*. En este estudio, *G. punctata* consumió las larvas de *A. aegypti* en condiciones de nocturnidad y lo cual, es un comportamiento que coincide con el hallazgo descrito.

La principal limitación del estudio consistió, en la falta de comparación en condiciones diurnas y con presencia de los adultos machos. Se concluye, que

la capacidad depredadora de las hembras de *G. punctata* es natural y su reconocimiento ante las larvas de *A. aegypti* transcurre en segundos, lo cual es fundamental para mantener el biocontrol de este agente infeccioso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alshaimaa, MRH, Mona, SE & Magda, ASA. 2022. *Eco-friendly mosquito-control strategies: advantages and disadvantages*. Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, vol. 14, pp. 17-31.
- Argota, PG, Fimia, DR, Iannacone, J & Alarcón-Elbal, PM. 2020. *Crecimiento ante la respuesta visual y regímenes prolongados de alimentación en el biorregulador larval de mosquitos Gambia punctata Poey, 1854*. Neotropical Helminthology, vol. 14, pp. 1-6.
- Barrera, R, Amador, M, Diaz, A, Smith, J, Muñoz, JJJ & Rosario, Y. 2008. *Unusual productivity of Aedes aegypti in septic tanks and its implications for dengue control*. Medical and Veterinary Entomology, vol. 22, pp. 62-69.
- Basso, C, García da Rosa, E, Romero, S, González, C, Lairihoy, R, Roche, I, Caffera, RM, da Rosa, R, Calfani, M & Alfonso, SE. 2015. *Improved dengue fever prevention through innovative intervention methods in the city of Salto, Uruguay*. Trans. Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene. vol. 109, pp. 134-142.
- Bhatt, S, Gething, PW, Brady, OJ, Messina, JP, Farlow, AW, Moyes, CL, Drake, JM, Brownstein, JS, Hoen, AG & Sankoh, O. 2013. *The global distribution and burden of dengue*. Nature, vol. 496, pp. 504-507.
- Chandra, G, Bhattacharjee, I, Chatterjee, SN & Ghosh, A. 2008. *Mosquito control by larvivorous fish*. Indian Journal Medical Research, vol. 127, pp. 13-27.
- Cuthbert, RN, Dalu, T, Wasserman, RJ, Coughlan, NE, Callaghan, A, Weyl, OLF & Dick, JTA. 2018. *Muddy waters: Efficacious predation of container-breeding mosquitoes by a newly-described calanoid copepod across differential water clarities*. Biological Control, vol. 127, pp. 25-30.
- Dambach, P. 2020. *The use of aquatic predators for larval control of mosquito disease vectors: Opportunities and limitations*. Biological Control, vol. 150, pp. 1-33.
- Das, MK, Rao, MRK & Kulsreshtha, A. 2018. *Native larvivorous fish diversity as a biocontrol agent against mosquito larvae in an endemic malarious region of Ranchi district in Jharkhand, India*. Journal of Vector Borne Diseases, vol. 55, pp. 34.
- Durant, AC & Donini, A. 2019. *Development of Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) mosquito larvae in high ammonia sewage in septic tanks causes alterations in ammonia excretion, ammonia transporter expression, and osmoregulation*. Scientific Reports, vol. 9, 19028.
- Fimia, DR, Iannacone, J, Alarcón, EPM, Hernández, CN, Armiñana, GR, Cepero, RO, Cabrera, GAM & Zaita, FY 2016. *Potencialidades del control biológico de peces y copépodos sobre mosquitos (Diptera: Culicidae) de importancia higiénica-sanitaria en la provincia Villa Clara, Cuba*. The Biologist (Lima), vol. 14, pp. 371-386.
- Gachelin, G, Garner, P, Ferroni, E, Verhave, JP & Opinel, A. 2018. *Evidence and strategies for malaria prevention and control: a historical analysis*. Malaria Journal, vol. 17, pp. 1-18.
- García, ÁI & González, BR. 1986. *Principales especies de peces larvívoros de la familia poecilidae y su efectividad en las condiciones naturales de Cuba*. Revista Cubana Medicina Tropical, vol. 38, pp. 192-207.
- Guarner, J & Hale, GL. 2019. *Four human diseases with significant public health impact caused by mosquito-borne flaviviruses: west Nile, Zika, dengue and yellow fever*. Seminars in Diagnostic Pathology, vol. 36, pp. 170-176.
- Hernández, CN, Fimia, DR, Rojas, UJE & García, ÁGI. 2005. *Metodología para valorar el potencial y la capacidad depredadora de los peces larvívoros mediante observaciones directas en el laboratorio*. Revista Cubana de Medicina Tropical, vol. 57, pp. 156-158.
- Kandel, Y, Vulcan, J, Rodriguez, SD, Moore, E, Chung, HN, Mitra, S, Cordova, JJ, Martinez, KJL, Moon, AS, Kulkarni, A, Ettestad, P, Melman, S, Xu, J, Buenemann,

- M, Hanley, KA & Hansen, IA. 2019. *Widespread insecticide resistance in Aedes aegypti L. from New Mexico, U.S.A.* PLoS ONE, vol. 14, pp. 1-16.
- Kapesa, A, Kweka, EJ, Atieli, H, Afrane, YA, Kamugisha, E, Lee, MC & Yan, G. 2018. *The current malaria morbidity and mortality in different transmission settings in Western Kenya.* PLoS One, vol. 13, e0202031.
- Kebede, DL, Hibstu, DT, Birhanu, BE & Bekele, FB. 2017. *Knowledge, Attitude and Practice towards malaria and associated factors in Areka town, Southern Ethiopia: community-based cross sectional study.* Journal of Tropical Diseases, vol. 5, pp. 1-10.
- Kudom, AA, Mensah, BA, Froeschl, G, Rinder, H & Boakye, D. 2015. *DDT and pyrethroid resistance status and laboratory evaluation of bio-efficacy of long lasting insecticide treated nets against Culex quinquefasciatus and Culex decens in Ghana.* Acta Tropical, vol. 150, pp. 122-130.
- Lima, NAS, Sousa, GS, Nascimento, OJ & Castro, MC. 2019. *Chikungunya-attributable deaths: a neglected outcome of a neglected disease.* PLOS Neglected Tropical Diseases, vol. 13, e0007575.
- Louis, MRLM, Pushpa, V, Balakrishna, K & Ganesan, P. 2020. *Mosquito larvicidal activity of Avocado (Persea americana Mill.) unripe fruit peel methanolic extract against Aedes aegypti, Culex quinquefasciatus and Anopheles stephensi.* South African Journal of Botany, vol. 133, pp. 1-4.
- Mint, AML, Aly, MOL, Hasni, ME, Mint, KL, Salem, MOA, Ould, KB, Ouldabdallahi, MM, Ould, BIN, Brengues, C, Trape, JF, Basco, L, Bogreau, H, Simard, F, Faye, O & Ould, MSBA. 2017. *Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Mauritania: a review of their biodiversity, distribution, and medical importance.* Parasites & Vectors, vol. 35, pp. 1-13.
- Noreen, M, Arijo, AG, Ahmad, L, Sethar, A, Leghari, MF, Bhutto, MB, Leghari, IH, Memon, KH, Shahani, S, Vistro, WA, Sethar, GH & Khan, N. 2017. *Biocontrol of mosquito larvae using edible fish.* International Journal of Innovative and Applied Research, vol. 5, pp. 1-6.
- Owino, EA. 2018. *Aedes spp mosquitoes and emerging neglected diseases of Kenya.* International Journal of Mosquito Research, vol. 5, pp. 1-11.
- Pavela, R. 2015. *Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: a review.* Industrial Crops and Products, vol. 76, pp. 174-187.
- Ramasamy, R & Surendran, SN. 2016. *Mosquito vectors developing in atypical anthropogenic habitats: Global overview of recent observations, mechanisms and impact on disease transmission.* Journal of Vector Borne Diseases, vol. 53, pp. 91-98.
- Robert, MA, Tinunin, DT, Benitez, EM, Ludueña, AF, Romero, M, Stewart, IA & Estallo, EL. 2020. *Climate change and viral emergence: evidence from Aedes-borne arboviruses.* Current Opinion in Virology, vol. 40, pp. 41-47.
- Sarwar, M. 2015. *Reducing dengue fever through biocontrol of disease carrier Aedes mosquitoes (Diptera: Culicidae).* International Journal of Preventive Medicine Research, vol. 1, pp. 161-166.
- Surendran, S, Sivabalakrishnan, K, Jayadas, TTP, Santhirasegaram, S, Laheetharan, A, Senthilnathanan, M & Ramasamy, R. 2018. *Adaptation of Aedes aegypti to salinity: characterized by larger anal papillae in larvae.* Journal of Vector Borne Diseases, vol. 55, pp. 235-238.
- Suzuki, Y, Baidaliuk, A, Miesen, P, Frangeul, L, Crist, AB, Merklung, SH, Fontaine, MA, Lequime, S, Moltini, CI, Hervé, BP, van Rij, LL. & Saleh, MC. 2020. *Non-retroviral endogenous viral element limits cognate virus replication in Aedes aegypti ovaries.* Current Biology, vol. 30, pp. 1-19.
- Valero, N, Meleán, E, Maldonado, M, Montiel, M, Larreal, Y & Espina, LM. 2006. *Capacidad larvívora del gold fish (Carassius auratus auratus) y del guppy salvaje (Poecilia reticulata) sobre larvas de Aedes aegypti en condiciones de laboratorio.* Revista Científica, vol. 16, pp. 414-419.
- Van-Dam, AR & Walton, WE. 2007. *Comparison of mosquito control provided by the arroyo chub (Gila orcutti) and the mosquitofish (Gambusia affinis).* Journal of the American Mosquito Control, vol. 23, pp. 430-441.

WHO (World Health Organization). 2016. *Dengue: Prevention and control*. http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/EB136/B136_24-en.pdf

WHO (World Health Organization). 2014. *A Global Brief On Vector-Borne Diseases*.

World Health Organization, Geneva 27, Switzerland, pp. 1-56.

Received February 15, 2022.

Accepted May 14, 2022.