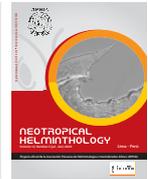




## Neotropical Helminthology



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

### BIOLOGICAL THEORY OF ECOTOXICOLOGICAL RISK FOR GROUP DAMAGE THROUGH ENVIRONMENTAL MONITORING AND ADDED BIOMARKERS WITH THE MOSQUITO LARVAE BIOREGULATOR *GAMBUSIA PUNCTATA* (POEY, 1854): PART II

### TEORÍA BIOLÓGICA DEL RIESGO ECOTOXICOLÓGICO POR DAÑO GRUPAL MEDIANTE MONITOR AMBIENTAL Y BIOMARCADORES AGREGADOS CON EL BIORREGULADOR DE LARVAS DE MOSQUITOS *GAMBUSIA PUNCTATA* (POEY, 1854): II PARTE

George Argota-Pérez<sup>1</sup>; José Iannacone<sup>2,3</sup> & Rigoberto Fimia-Duarte<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AMTAWI". Puno, Perú. [george.argota@gmail.com](mailto:george.argota@gmail.com)

<sup>2</sup> Laboratorio de Parasitología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP). Lima, Perú. [joseiannacone@gmail.com](mailto:joseiannacone@gmail.com)

<sup>3</sup> Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Lima, Perú

<sup>4</sup> Facultad de Tecnología de la Salud y Enfermería. Universidad Ciencias Médicas de Villa Clara. Villa Clara, Cuba. [Rigoberto.fimia66@gmail.com](mailto:Rigoberto.fimia66@gmail.com)

\*Corresponding author: [george.argota@gmail.com](mailto:george.argota@gmail.com)

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue demostrar la teoría biológica del riesgo ecotoxicológico por daño grupal mediante monitor ambiental y biomarcadores agregados con el biorregulador de larvas de mosquitos *Gambusia punctata* (Poey, 1854). A partir, de establecerse tres intervalos del riesgo ecotoxicológico de daño grupal (REDG baja:  $X - 3X$ ; REDG media:  $3X + 1 - 5X$ ; REDG alta:  $5X + 1 - 10X$ ) se indicó una codificación numérica de la magnitud del valor de riesgo ecotoxicológico. Se consideró, una sumatoria del valor comparado de biomarcadores ( $\sum VCBm$ ) entre el número total que se utilizan (TBm). Se sustituye la nomenclatura del estado de biomarcadores aceptables y biomarcadores no aceptables por, la condición de aceptabilidad y condición de no aceptabilidad una vez que se realiza la comparación de biomarcadores. Se considera que, mayor el 75% de similitud y de ser reversible el 25% en el análisis de otros biomarcadores, entonces el riesgo ecotoxicológico se considera bajo siendo el positivo el signo de equivalencia lo cual determina que, existe una disminución del riesgo grupal. Se concluye que, a la manera organizada y selectiva de explicar mediante biomarcadores agregados la probable afectación en la biota acuática y que habitan de manera conjunta con una determinada especie indicadora se le denominó, la teoría biológica del riesgo ecotoxicológico por daño grupal mediante monitor ambiental y agregación con biomarcadores.

**Palabras clave:** daño grupal – indicador – ecotoxicología – predicción – teoría biológica

## INTRODUCCIÓN

La calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos influye en la supervivencia animal (Briscoe, 2015; Elleuch *et al.*, 2018), y no siempre, las mediciones que se realizan con los parámetros físico-químicos permiten reconocer el estado de salud ambiental; por cuanto, se necesita en los programas de monitoreo y vigilancia de los ecosistemas acuáticos el uso de indicadores biológicos (Argota & Iannacone, 2018). Algunas pruebas confiables y dinámicas en taxones superiores como los peces posibilitan disminuir, la razón numérica que expresan los índices de calidad ambiental (Zhang *et al.*, 2015; Mazón, 2016).

El uso de biomarcadores en peces determina la posibilidad de generar informaciones cuantitativas (Çiftçi *et al.*, 2015; AbdAllah, 2017; Hinojosa *et al.*, 2020), indicándose de forma temprana y mediante el enfoque integral entre la combinación de expresiones numéricas y los biomarcadores, la probable ocurrencia de cualquier daño en la sostenibilidad ecológica de los sistemas acuáticos (Argota *et al.*, 2020a). La bioevaluación que se realiza constituye un método sencillo para caracterizar los cuerpos hídricos (López *et al.*, 2020). La *Gambusia punctata* (Poey, 1854), especie utilizada como biorregulador de larvas de

mosquitos de *Aedes aegyti* (Linnaeus, 1762), del mismo modo se ha considerado en la bioevaluación de ecosistemas acuáticos por ser tolerante a la contaminación (Argota *et al.*, 2020b).

La figura 1 indica que, establecer un signo de equivalencia ante la trayectoria de un biomarcador (ej.: condición biológica K) con relación al análisis etológico por otros taxones se reconoció en una primera parte, como la teoría biológica del riesgo ecotoxicológico por daño grupal mediante monitor ambiental (Argota *et al.*, 2019).

Sin embargo, debe resaltarse que la evaluación comparada con otros taxones, no debe ser únicamente indicada desde un solo biomarcador, pues no siempre existe representación o manifestación del mismo biomarcador entre los taxones y para que se considere el daño grupal mediante el monitor ambiental, debe predecirse con otros biomarcadores de forma comparada y considerarse, un número óptimo para la toma de las decisiones.

El objetivo del estudio fue demostrar la teoría biológica del riesgo ecotoxicológico por daño grupal mediante monitor ambiental y biomarcadores agregados con el biorregulador de larvas de mosquitos *Gambusia punctata* (Poey, 1854).

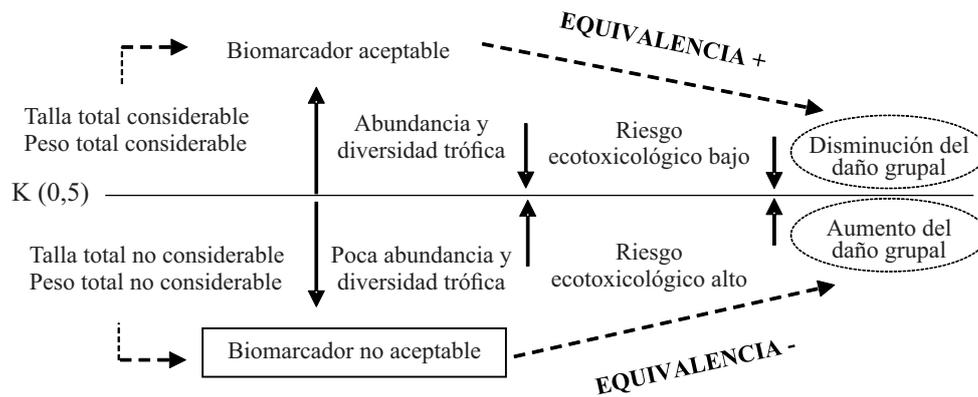


Figura 1. Teoría biológica del riesgo ecotoxicológico por daño grupal mediante monitor ambiental.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció, tres intervalos del riesgo ecotoxicológico de daño grupal (REDG baja: X –

3X; REDG media: 3X + 1 – 5X; REDG alta: 5X + 1 – 10X) donde se indicó según Argota *et al.* (2019), una codificación numérica de la magnitud del valor de riesgo ecotoxicológico (Figura 2).

		Consecuencia									
		Respuesta	Baja	Media	Alta	3	3	6	9		
Probabilidad	Baja	Trivial				2	2	4	6		
	Media					1	1	2	3		
	Alta						1	2	3		
		Consecuencia									
		Respuesta	Baja	Media	Alta	5	5	10	15	20	25
Probabilidad	Baja	Leve				4	4	8	12	16	20
	Media									8	10
	Alta									4	5
		Consecuencia									
		Respuesta	Baja	Media	Alta	5	5	10	15	20	25
Probabilidad	Baja	Moderada				3	3	6	9	12	15
	Media					2	2	4	6	8	10
	Alta	Moderada				1	1	2	3	4	5
		Consecuencia									
		Respuesta	Baja	Media	Alta	5	5	10	15	20	25
Probabilidad	Baja					3	3	6	9	12	15
	Media					2	2	4	6	8	10
	Alta					1	1	2	3	4	5
		Consecuencia									
		Respuesta	Baja	Media	Alta	5	5	10	15	20	25
Probabilidad	Baja					3	3	6	9	12	15
	Media					2	2	4	6	8	10
	Alta					1	1	2	3	4	5
		Consecuencia									
		Respuesta	Baja	Media	Alta	5	5	10	15	20	25
Probabilidad	Baja					3	3	6	9	12	15
	Media					2	2	4	6	8	10
	Alta					1	1	2	3	4	5
		Consecuencia									
		Respuesta	Baja	Media	Alta	5	5	10	15	20	25
Probabilidad	Baja					3	3	6	9	12	15
	Media					2	2	4	6	8	10
	Alta					1	1	2	3	4	5
		Consecuencia									
		Respuesta	Baja	Media	Alta	5	5	10	15	20	25
Probabilidad	Baja					3	3	6	9	12	15
	Media					2	2	4	6	8	10
	Alta					1	1	2	3	4	5

Figura 2. Codificación numérica de la magnitud del valor de riesgo ecotoxicológico.

En la primera parte de la teoría biológica del riesgo ecotoxicológico por daño grupal mediante monitor ambiental se utilizó como biomarcador, el coeficiente de condición biológico K de *G. punctata*. En este estudio para la mayor

demonstración de la teoría biológica del riesgo ecotoxicológico por daño grupal mediante monitor ambiental y biomarcadores agregados (TBDG<sub>biom</sub>) se considera, no aplicarse un solo biomarcador sino, una sumatoria del valor comparado de

biomarcadores ( $\sum VCBm$ ) de *G. punctata* y el número total que se utiliza (TBm). Además, se sustituye el estado de biomarcadores aceptables y

biomarcadores no aceptables por la condición de aceptabilidad y condición de no aceptabilidad (figura 3).

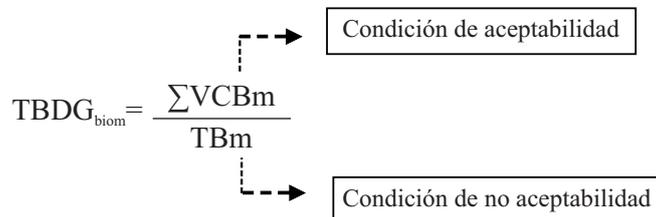


Figura 3. Sumatoria y condición de aceptabilidad y no aceptabilidad.

Finalmente, se muestra la condición y los indicadores que orientan al reconocimiento del signo de equivalencia (tabla 1).

Aspectos éticos: el presente estudio se basa en la responsabilidad de construir la información científica considerándose los antecedentes de referencias.

Tabla 1. Condición e indicadores / signo de equivalencia.

Condición	Indicadores				
	Porcentaje de biomarcadores	Patrón comparativo	Condición de medición	Riesgo ecotoxicológico	Signo de equivalencia
Condición de aceptabilidad	> 75	Similar	Reversible	Bajo	+
Condición de no aceptabilidad	< 75	No similar	Poco reversible	Alto	-

### RESULTADOS

Si, el cociente entre la sumatoria del valor comparado de biomarcadores de *G. punctata* resulta mayor al 75%, es porque existe similitud entre el análisis que se realiza. Al considerarse el 25% de los biomarcadores como reversibles,

entonces el riesgo ecotoxicológico se considera bajo siendo el positivo el signo de equivalencia. En este estado, existirá una disminución del daño grupal en el ecosistema de interés con lo cual se denominará, la teoría biológica del riesgo ecotoxicológico por daño grupal mediante monitor ambiental y biomarcadores agregados de *G. punctata* (figura 4).

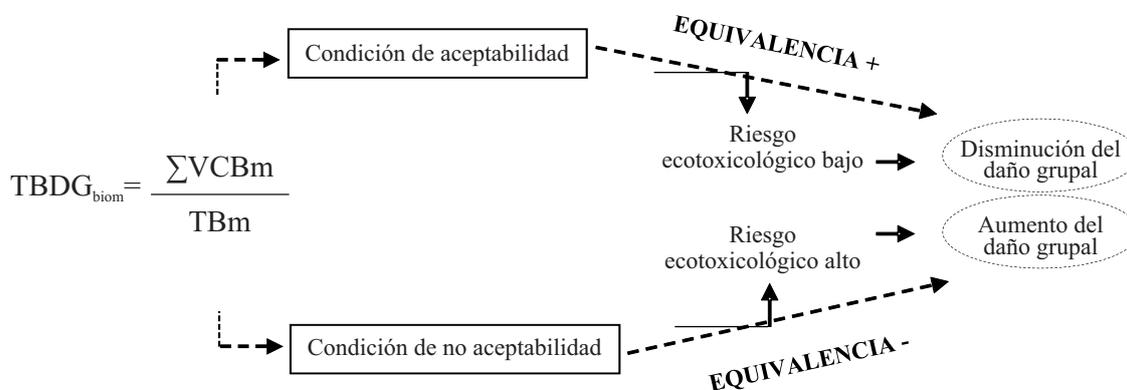


Figura 4. Teoría biológica del riesgo ecotoxicológico por daño grupal mediante monitor ambiental y biomarcadores agregados.

## DISCUSIÓN

Los organismos propios de los ecosistemas acuáticos como representa la especie *G. punctata*, pueden ser utilizados en su condición de especies centinelas para la predicción de riesgo ambiental (AbdAllah, 2017; Espinosa *et al.*, 2019), y al seleccionarse determinados biomarcadores, entonces permitirán de manera permanente el análisis comparativo intra e inter-especies según las condiciones ambientales de exposición (Zhou *et al.*, 2008; Argota & Iannacone, 2017; Pandey, 2020).

Asumir la evidencia del daño como riesgo explícito constituye reconocer en consecuencia, la exposición. Las condiciones temporales de vulnerabilidad que se presentan en este espacio ecológico siempre manifestarían un daño que puede ser grupal por cuanto, el problema de la contaminación en los sistemas acuáticos indicará una expresión de triple EEE: exposición, expresión y evidencia (Argota *et al.*, 2019). La teoría biológica del riesgo ecotoxicológico por daño grupal mediante monitor ambiental y biomarcadores agregados indica que es posible, predecir cualquier daño grupal en aquellas poblaciones no tolerantes o sensibles a la contaminación. Esta teoría puede explicar de manera organizada y selectiva mediante el análisis con biomarcadores agregados, la observación y medición de parámetros físico-químicos y/o contaminantes de interés (ej.: metales pesados y disruptores endocrinos entre otros) que afectan a la biota acuática.

La principal limitación como teoría propuesta fue su aplicación en un contexto de ecosistema acuático en estado de perturbación.

Se concluye que, la integración de biomarcadores agregados a la teoría biológica del riesgo ecotoxicológico por daño grupal mediante monitor ambiental permite dimensionar el análisis valorativo de la calidad ambiental y posibilita, el reconocimiento hacia la probabilidad y consecuencia del riesgo ecotoxicológico para la mayor interpretación de ocurrencia en la biota acuática.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AbdAllah, AT. 2017. *Efficiency of invertebrate animals for risk assessment and biomonitoring of hazardous contaminants in aquatic ecosystem, a review and status report*. Environmental Risk Assessment and Remediation, vol. 1, pp. 22-24.
- Argota, PG, Iannacone, J. & Fimia, DR. 2019. *Teoría biológica del riesgo ecotoxicológico por daño grupal mediante monitor ambiental: primera parte*. The Biologist (Lima), vol. 17, pp. 179-189.
- Argota, PG. & Iannacone, J. 2018. *Ecotoxicología como rama predictiva sobre la evolución sostenible de los ecosistemas acuáticos*. Biotempo, vol. 15, pp. 165-174.
- Argota, PG, Escobar, MF, Moreno, TEG. 2020a. *Calidad estacionaria del agua ante el costo ambiental sostenible relativo con agregación de biomarcadores: Bahía de Puno, lago Titicaca, Perú*. Revista de Investigaciones Altoandinas, vol. 22, pp. 146-154.
- Argota, PG, Fimia, DR, Iannacone, J. & Alarcón-Elbal, PM. 2020b. *Crecimiento ante la respuesta visual y regímenes prolongados de alimentación en el biorregulador larval de mosquitos *Gambusia punctata* Poey, 1854*. Neotropical Helminthology, vol. 14, pp. 1-6.
- Briscoe, J. 2015. *Water security in a changing world*. Daedalus, vol. 144, pp. 27-34.
- Çiftçi, N, Ay, Ö, Karayakar, F, Cicik, B. & Erdem, C. 2015. *Effects of zinc and cadmium on condition factors, hepatosomatic and gonadosomatic index of *Oreochromis niloticus**. Fresenius Environmental Bulletin, vol. 24, pp. 1-4.
- Elleuch, B, Bouhamed, F, Elloussaief, M, Jaghbir, M. 2018. *Environmental sustainability and pollution prevention*. Environmental Science and Pollution Research; vol. 25, pp. 18223-18225.
- Espinosa, RG, Costilla, SR, Pérez, V.FJ, González, DJ, Flores, RR., Cuevas-Díaz, SMC, Medellín, GCE. & Ilizaliturri, HA. 2019. *DNA damage in earthworms by exposure of Persistent Organic Pollutants in low basin of Coatzacoalcos River, Mexico*. Science of the Total Environment, vol. 651, pp. 1236-

1242.

- Hinojosa, GD, Osten, JR. & Dzul, CR. 2020. *Banded tetra (Astyanax aeneus) as bioindicator of trace metals in aquatic ecosystems of the Yucatan Peninsula, Mexico: Experimental biomarkers validation and wild populations biomonitoring*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 195, pp. 1-10.
- López, PM., Varela, Z, Franco, D, Fernández, JA. & Aboal, JR. 2020. *Can proteomics contribute to biomonitoring of aquatic pollution? A critical review*. *Environmental Pollution*, vol. 267, pp. 1-12.
- Mazón, M. 2016. *Taking shortcuts to measure species diversity: parasitoid Hymenoptera subfamilies as surrogates of species richness*. *Biodiversity Conservation*, vol. 25, pp. 67-76.
- Pandey, LK. 2020. *In situ assessment of metal toxicity in riverine periphytic algae as a tool for biomonitoring of fluvial ecosystem*. *Environmental Technology & Innovation*, vol. 18, pp. 1-18.
- Zhang, W, Liu, Y, Xu, Y. & Xu, H. 2015. *Insights into assessing environmental quality status using potential surrogates of biofilm-dwelling ciliate fauna in coastal waters*. *Environmental Science Pollution Research*, vol. 22, pp. 1389-1398.
- Zhou, Q, Zhang, J, Fu, J, Shi, J. & Jiang, G. 2008. *Biomonitoring: An appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem*. *Analytica Chimica Acta*, vol. 16, pp. 135-150.

Received September 28, 2020.  
Accepted October 31, 2020.