

1 Neotropical Helminthology, 2024, vol. 18 (1), XX-XX.

2 DOI: <https://doi.org/10.62429/rnh20241811769>

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



8

9

ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

10

11 MATHEMATICAL MODEL WITH BIAS AND INFLUENCE COEFFICIENTS IN THE  
12 THEORETICAL RELATIONSHIP OF SCIENTIFIC THOUGHT: ANALYSIS FROM  
13 THE LARVAL BIOREGULATOR *GAMBUSIA PUNCTATA* POEY, 1854

14

15 MODELO MATEMÁTICO CON SESGO Y COEFICIENTES DE INFLUENCIA EN LA  
16 RELACIÓN TEÓRICA DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO: ANÁLISIS DESDE EL  
17 BIORREGULADOR LARVARIO *GAMBUSIA PUNCTATA* POEY, 1854

18

19 George Argota-Pérez<sup>1\*</sup> & Geomanis Argota-Pérez<sup>1</sup>

20

21 <sup>1</sup>Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio  
22 Ambiente “AMTAWI”. Ica, Perú.

23

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

25 Geomanis Argota-Pérez:  <https://orcid.org/0009-0003-7022-1239>

26

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

28 Titulillo: Mathematical model with bias and influence coefficients

29 Argota-Pérez & Argota-Pérez

30

### 31 ABSTRACT

32 The aim of the study was to propose a mathematical model with bias and coefficients of  
33 influence in the theoretical relationship of scientific thought: analysis from the larval bio-  
34 regulator *Gambusia punctata* Poey, 1854. The study was conducted between January and

35 April 2024. The mathematical model is based on the independent variable ( $-V_i$ ), the  
36 dependent variable ( $-V_d$ ), a control coefficient ( $m$ ), and an exponential function ( $e^{-V_d}$ ). A  
37 coefficient ( $s$ ) that adjusts the initial bias is considered. Two equations were proposed as a  
38 mathematical model: 1st)  $-V_i = m \cdot (1 - e^{-V_d}) + s \cdot (1 - e)$ , and 2nd)  $-V_d = \sum_{i=1}^n [m \cdot -V_i \cdot (1 - e^{-V_d})] + s \cdot (1 - e)$ . The selection will depend on identifying one or several independent variables.  
40 The value  $m$  was determined through weighted values: -0.2 (minor influence), -0.4 (moderate  
41 influence), -0.6 (considerable influence), and -0.8 (significant influence) referring from  
42 perceptible but limited changes to fundamental and marked changes in the values or results  
43 of the dependent variable. The allocation of weighted values was based on the theoretical  
44 understanding of the system where empirical and theoretical data are integrated. The  
45 inclusion of the exponential function improves accuracy on complex non-linear cause-effect  
46 relationships in natural systems. It is concluded that the proposed mathematical model,  
47 supported by weighted assignments and an exponential function, provides a robust tool to  
48 understand and predict responses in complex systems. Although initial subjectivity may  
49 introduce some uncertainty, a rigorous review of scientific literature minimizes potential  
50 biases, ensuring its validity and utility in science.

51 **Keywords:** control coefficient – exponential function – mathematical model – theoretical  
52 relationship – weighted allocation

## 54 RESUMEN

55 El objetivo del estudio fue proponer un modelo matemático con sesgo y coeficientes de  
56 influencia en la relación teórica del pensamiento científico: análisis desde el biorregulador  
57 larvario *Gambusia punctata* Poey, 1854. El estudio se realizó durante cuatro meses. El  
58 modelo matemático se fundamenta en la variable independiente ( $-V_i$ ), la variable dependiente  
59 ( $-V_d$ ), un coeficiente de control ( $m$ ), y una función exponencial ( $e^{-V_d}$ ). Se considera un  
60 coeficiente ( $s$ ) que ajusta el sesgo inicial. Se propuso como modelo matemático dos  
61 ecuaciones: 1ro)  $-V_i = m \cdot (1 - e^{-V_d}) + s \cdot (1 - e)$ , y 2do)  $-V_d = \sum_{i=1}^n [m \cdot -V_i \cdot (1 - e^{-V_d})] + s \cdot$   
62  $(1 - e)$ . La selección dependerá de identificar una o varias variables independientes. El valor  
63  $m$  fue mediante valores ponderados: -0,2 (influencia menor), -0,4 (influencia moderada), -  
64 0,6 (influencia considerable), y -0,8 (influencia significativa) que refirieron desde cambios  
65 perceptibles, pero limitados hasta cambios fundamentales y marcados en los valores o

66 resultados de la variable dependiente. La asignación de valores ponderados se basó en la  
67 comprensión teórica del sistema donde se integra datos empíricos y teóricos. La inclusión de  
68 la función exponencial mejora la precisión sobre las complejas relaciones causa-efecto no  
69 lineales en sistemas naturales. Se concluye que, el modelo matemático propuesto, que es  
70 respaldado por asignaciones ponderadas y una función exponencial, ofrece una sólida  
71 herramienta para comprender y predecir respuestas en sistemas complejos. Aunque la  
72 subjetividad inicial puede introducir cierta incertidumbre, una rigurosa revisión de la  
73 literatura científica minimiza sesgos potenciales, asegurando así su validez y utilidad en la  
74 ciencia.

75 **Palabras clave:** asignación ponderada – coeficiente de control – función exponencial –  
76 modelo matemático – relación teórica

77

78

## 79 INTRODUCCIÓN

80

81 El avance del pensamiento científico ha sido fundamental en el desarrollo de la humanidad  
82 (de Courson *et al.*, 2023; Annan, 2023). Desde la antigüedad, los seres humanos han buscado  
83 comprender el mundo que los rodea a través de la observación, la experimentación y la  
84 formulación de teorías (Bartlett *et al.*, 2023). En este sentido, el establecimiento de modelos  
85 matemáticos que representen las relaciones entre diferentes variables se ha convertido en una  
86 herramienta invaluable para la ciencia (Murtaziev & Syusyukan, 2022; Helland, 2022;  
87 Giverso *et al.*, 2022). Sin embargo, es crucial reconocer que estos modelos no están exentos  
88 de sesgos y que los coeficientes de influencia pueden desempeñar un papel significativo en  
89 la interpretación de los resultados (Rauschenberger *et al.*, 2021; Niv *et al.*, 2022).

90 El modelo matemático a desarrollar para estudiar la relación teórica del pensamiento  
91 científico en el contexto de la especie biomonitor *Gambusia punctata* (Poey, 1854), se basa  
92 en la observación de diferentes variables ambientales y biológicas que influyen en su  
93 comportamiento, y la capacidad para regular las poblaciones de larvas de mosquitos (Argota  
94 *et al.*, 2020; Waclawek *et al.*, 2022; Madhuri *et al.*, 2024). Estas variables pueden incluir  
95 factores como la temperatura del agua, la disponibilidad de alimento, la densidad de  
96 población y la presencia de depredadores (Hertika *et al.*, 2022; Eguiraun & Martinez, 2023).

97 Por ejemplo, el proceso metodológico para la construcción de un modelo matemático con  
98 especies del género *Gambusia*, generalmente implica la recopilación de datos de campo y de  
99 laboratorio, seguido por el análisis estadístico y la aplicación de técnicas matemáticas para  
100 identificar patrones y relaciones entre las variables estudiadas. Es importante destacar que  
101 durante este proceso pueden surgir sesgos inherentes a la selección de datos, los métodos de  
102 muestreo y los supuestos subyacentes al modelo (Burli *et al.*, 2022).

103 El objetivo del estudio fue proponer un modelo matemático con sesgo y coeficientes de  
104 influencia en la relación teórica del pensamiento científico: análisis desde el biorregulador  
105 larvario *G. punctata*.

106

## 107 MATERIALES Y MÉTODOS

108 El sustento teórico para la propuesta del modelo matemático se considera los términos sobre  
109 la variable independiente ( $-V_i$ ), variable dependiente ( $-V_d$ ), un coeficiente de control ( $m$ )  
110 sobre la magnitud del cambio en la (s) variable (s) independiente (s) sobre la modificación  
111 de la variable dependiente desde una unidad temporal, una función exponencial ( $e^{-V_d}$ ) desde  
112 el reconocimiento de sistemas naturales complejos, otro coeficiente que ajusta el sesgo (s) en  
113 su punto inicial y un corrector adicional de magnitud y compensación de efecto.

114 Se asignaron valores ponderados en función de la importancia o fuerza relativa de la (o cada)  
115 variable (s) independiente (s) sobre la variable dependiente. La representación fue: -0,2  
116 (influencia menor), -0,4 (influencia moderada), -0.6 (influencia considerable), y -0,8  
117 (influencia significativa), respectivamente.

118 Con el biorregulador larvario *G. punctata*, se ejemplificó para los valores:  $m$  y  $-V_i$ . Se  
119 consideró como variable dependiente, la presencia de larvas de mosquitos, y variables  
120 independientes la calidad físico-química deficiente como la temperatura del agua inadecuada.

121 **Aspectos éticos:** Se realizó una construcción adecuada para estructurar el comentario de  
122 manera informativa. El uso del lenguaje científico fue acorde y explicativo para fundamentar,  
123 la propuesta del modelo, según interpretaciones teóricas.

124

## 125 RESULTADOS

126 El modelo matemático con sesgo y coeficientes de influencia en la relación teórica del  
127 pensamiento científico puede ser mediante dos ecuaciones. La primera, considera una

128 relación única de la variable independiente, mientras que la segunda, corresponderían a dos  
129 o más variables independientes. Una vez desarrollado el modelo matemático, se puede  
130 utilizar para predecir determinada respuesta de modificación, desde la suposición ponderada  
131 de un escenario esperado:

132 
$$1) -V_i = m \cdot (1 - e^{-V_d}) + s \cdot (1 - e)$$

133 
$$2) -V_d = \sum_{i=1}^n [m \cdot -V_i \cdot (1 - e^{-V_d})] + s \cdot (1 - e)$$

134 *donde*

- 135 •  $-V_i$  = Es la variable independiente, que representa un valor numérico específico de  
136 variación (el signo negativo representa la probable causa indeseada).
- 137 •  $-V_d$  = Es la variable dependiente, cuyo valor está influenciado por el valor de  $-V_i$  y  
138 otros factores.
- 139 •  $m$  = Es el coeficiente que multiplica el primer término de la ecuación. Este coeficiente  
140 controla la magnitud (cuánto) del cambio en  $-V_i$  y posterior respuesta a una  
141 modificación (cuando) en  $-V_d$  desde una unidad temporal.
- 142 •  $e^{-V_d}$  = Es una función exponencial que afecta al primer término de la ecuación.  $e$  es  
143 la constante de Euler y  $-V_d$  es la variable dependiente. Esta función exponencial ajusta  
144 la relación entre  $-V_i$  y  $-V_d$ , y puede amplificar o disminuir el efecto de  $-V_d$  en  $-V_i$ .
- 145 •  $s$  = Es el coeficiente que multiplica el segundo término de la ecuación. Este  
146 coeficiente ajusta el sesgo o punto inicial de la transformación en la escala de  $-V_i$ ,  
147 independientemente de  $-V_d$ . Representa el valor de  $-V_i$  cuando  $-V_d$  es cero o cuando  
148 no hay influencia de  $-V_d$  en  $-V_i$ .
- 149 •  $(1 - e)$  = Es un término que aparece en ambos términos de la ecuación. Representa una  
150 corrección o ajuste adicional basado en la constante de Euler ( $e$ ). Este término puede  
151 afectar la magnitud general de  $-V_i$  y compensar el efecto de  $-V_d$  en  $-V_i$ .
- 152 •  $\sum_{i=1}^n$  = representa la suma de las variables independientes  $\Sigma$  desde 1 hasta  $n$ " significa  
153 que estás sumando todos los términos desde el primer término (1) hasta el enésimo  
154 término ( $n$ ) de una secuencia.
- 155 • Nota: el signo negativo de ( $-V_i$ ) y ( $-V_d$ ) expresa que existe una relación teórica no  
156 deseada.

157 La Tabla 1 muestra la matriz con los valores ponderados de coeficiente ( $m$ ) que controla la  
158 magnitud del cambio en  $-V_i$  y posterior respuesta a una modificación en  $-V_d$ . Para considerar

159 los valores ponderados de -0,2, -0,4, -0,6 y -0,8 en el modelo matemático, se asigna en  
 160 función de la importancia relativa de cada variable independiente con relación a la variable  
 161 dependiente. Es decir, se asigna un valor ponderado más alto cuando se considera que tienen  
 162 una influencia más significativa, y que proviene desde la construcción del modelo teórico  
 163 previo a la problematización (brecha o vacío del conocimiento). Los valores ponderados  
 164 reflejan la fuerza relativa de la influencia de cada variable independiente. Por ejemplo, -0,2  
 165 (influencia menor), -0,4 (influencia moderada), -0,6 (influencia considerable), y -0,8  
 166 (influencia significativa).

167

168 **Tabla 1.** Valores ponderados para su asignación a la (s) variable (s) independiente (s).

Valor ponderados	$-V_{i=1}$	$-V_{i=2}$	$-V_{i=3}$	$-V_{i=n}$	$\Sigma -V_i / n-v_i$	$-V_d$	o	$-V_d$
-0,2, -0,4, -0,6, -0,8						$= -V_i \cdot \frac{1}{2}$	o	$= -V_{i=1} + (-V_{i=2}) + \dots - V_{i=n} / N-v_i$

169

- 170 - Influencia menor: se define como una contribución leve o poco significativa de la  
 171 variable independiente a la variable dependiente. La variable independiente causa  
 172 cambios perceptibles pero limitados en los valores o resultados de la variable  
 173 dependiente.
- 174 - Influencia moderada: se refiere a una contribución perceptible pero no sustancial de  
 175 la variable independiente a la variable dependiente. La variable independiente causa  
 176 cambios significativos pero no dominantes en los valores o resultados de la variable  
 177 dependiente.
- 178 - Influencia considerable: se define como una contribución notable y relevante de la  
 179 variable independiente a la variable dependiente. La variable independiente causa  
 180 cambios significativos y sustanciales en los valores o resultados de la variable  
 181 dependiente.
- 182 - Influencia significativa: se refiere a una contribución importante y sustancial de la  
 183 variable independiente a la variable dependiente. La variable independiente causa  
 184 cambios fundamentales y marcados en los valores o resultados de la variable  
 185 dependiente, siendo esencial para su comprensión o predicción.

186 Ejemplificación con el biorregulador larvario *G. punctata*, solo para los valores: m y  $-V_i$ . Se  
 187 considera  $-V_d$  = presencia de larvas de mosquitos considerable, y  $-V_{i=1}$  = calidad físico-

188 química deficiente,  $V_{i=2}$  = temperatura del agua inadecuada. En este caso, se seleccionada la  
189 ecuación II y la sustitución de los valores corresponde a:

190 1)  $-V_d = \sum_{i=1}^n [m \cdot -V_i \cdot (1-e^{-V_d})] + s \cdot (1-e)$

191 2)  $-V_d = \sum_{i=1}^n [m \cdot -V_i \cdot (1-e^{-V_d})] + s \cdot (1-e)$

192 3)  $-V_d = [(m \cdot -V_{i=1} + m \cdot -V_{i=2})] \cdot (1 e^{-V_d})] + s \cdot (1-e)$

193 Sustituyendo, los valores ponderados, según la influencia y las variables independientes  
194 sería:

195 4)  $-V_d = [(-0,6 \cdot \text{-calidad físico-química}) + (-0,2 \cdot \text{temperatura del agua})] \cdot (1-e^{-V_d})]$   
196  $+ s \cdot (1-e)$

197 5)  $-V_d = (-0,8) \cdot (1-e^{-V_d})] + s \cdot (1-e)$

198 No se sustituye los valores de la expresión:  $(1-e^{-V_d})] + s \cdot (1-e)$ , por resultar innecesario,  
199 pues dependerá de las condiciones supuesta para la demostración sobre la relación teórica.

200

## 201 **DISCUSIÓN**

202 Una de las consideraciones críticas en el modelo es la asignación de valores ponderados a las  
203 variables independientes (-0,2, -0,4, -0,6, -0,8). Si bien esta asignación puede parecer  
204 subjetiva a primera vista, se fundamenta en la evaluación cuidadosa de la literatura científica  
205 relevante y la comprensión teórica del sistema en estudio. Este enfoque se respalda por la  
206 importancia de integrar datos empíricos y conocimientos teóricos en la construcción de  
207 modelos (Addicott *et al.*, 2022).

208 Los valores ponderados se seleccionaron con el propósito de representar la influencia  
209 percibida de cada variable independiente en la variable dependiente, considerando su  
210 importancia relativa en la causa y el efecto observado. Por ejemplo, si se tiene evidencia de  
211 que ciertas variables tienen un impacto más significativo en el resultado deseado, se les  
212 asignarán valores ponderados más altos para reflejar su mayor influencia en el modelo.

213 Durante el contexto específico del estudio sobre el biorregulador larvario *G. punctata*, se  
214 consideró que la calidad físico-química deficiente (-0,6) y la temperatura del agua inadecuada  
215 (-0,2) tenían diferentes niveles de influencia en la presencia de larvas de mosquitos,  
216 reflejando así la heterogeneidad en la contribución de las variables independientes. Esta  
217 práctica se alinea con la metodología científica, que enfatiza la importancia de basar las

218 decisiones en evidencia empírica sólida, y en una comprensión profunda del fenómeno  
219 estudiado (Kahl & Kschischo, 2021).

220 Asimismo, al seleccionar factores de confusión basándose en la experiencia especializada y  
221 gráficos causales, se fortalece la validez de los hallazgos relacionales en estudios que  
222 involucran sistemas complejos. La integración de estos enfoques puede incrementar tanto la  
223 fiabilidad como la eficacia de los modelos matemáticos para capturar las relaciones de causa  
224 y efecto en sistemas complejos (Traini *et al.*, 2022).

225 En cuanto a la inclusión de la función exponencial ( $e^{-Vd}$ ), esta decisión se basa en la  
226 comprensión de que las relaciones causa-efecto en muchos sistemas naturales no son  
227 necesariamente lineales. En lugar de seguir una relación lineal simple, es común observar  
228 que los efectos de las variables independientes en la variable dependiente exhiben un  
229 comportamiento más complejo y no lineal (Giménez *et al.*, 2022). La inclusión de la función  
230 exponencial permite capturar esta complejidad y modelar de manera más precisa cómo los  
231 cambios en las variables independientes afectan la variable dependiente. Por ejemplo, en  
232 muchos sistemas biológicos y ambientales, los efectos de las variables ambientales pueden  
233 amplificarse o atenuarse exponencialmente a medida que varían, lo que justifica la elección  
234 de una función exponencial en lugar de una relación lineal simple (Belluccini *et al.*, 2022;  
235 Munch *et al.*, 2023). La comprensión de las relaciones causa-efecto no lineales en los  
236 sistemas naturales es crucial para determinar la inclusión de funciones exponenciales en los  
237 modelos matemáticos, permitiendo capturar eficazmente la compleja dinámica de estos  
238 sistemas (Granieri, 2021).

239 La principal limitación del estudio radicó en que el modelo matemático no se basó en datos  
240 empíricos reales, y a pesar de haber justificado la asignación de valores ponderados y la  
241 inclusión de la función exponencial en el modelo, podría considerarse la introducción de  
242 cierto sesgo o incertidumbre en los resultados debido a la subjetividad inherente que existe  
243 en estos procesos.

244 Se concluye que, la propuesta de un modelo matemático con sesgo y coeficientes de  
245 influencia en la relación teórica del pensamiento científico se sustentó en dos ecuaciones  
246 distintas. La asignación ponderada de valores reflejó la importancia relativa de cada variable  
247 independiente en la variable dependiente, asegurando así la adecuada representación de la  
248 influencia de cada factor. Aunque la subjetividad inherente en la asignación de valores puede

249 introducir cierto grado de incertidumbre, la revisión exhaustiva de la literatura científica  
250 relevante limita los posibles sesgos porque existe una fundamentación sobre aspectos  
251 comprensibles teóricos del sistema en estudio. La inclusión de una función exponencial en el  
252 modelo considera la complejidad no lineal de las relaciones causa-efecto en sistemas  
253 naturales, mejorando así la precisión y la capacidad predictiva del modelo. En conjunto, estos  
254 enfoques ofrecen un modelo matemático como valiosa herramienta para predecir respuestas  
255 ante modificaciones específicas y comprender la dinámica de sistemas complejos en el  
256 ámbito científico.

257

258 **Author contribution: CRediT (*Contributor Roles Taxonomy*)**

259 **GAP<sup>1</sup>** = George Argota-Pérez

260 **GAP<sup>2</sup>** = Geomanis Argota-Pérez

261

262 **Conceptualization:** GAP<sup>1</sup>, GAP<sup>2</sup>

263 **Data curation:** GAP<sup>1</sup>

264 **Formal Analysis:** GAP<sup>1</sup>, GAP<sup>2</sup>

265 **Funding acquisition:** GAP<sup>1</sup>

266 **Investigation:** GAP<sup>1</sup>, GAP<sup>2</sup>

267 **Methodology:** GAP<sup>2</sup>, GAP<sup>1</sup>

268 **Project administration:** GAP<sup>1</sup>

269 **Resources:** GAP<sup>1</sup>, GAP<sup>2</sup>

270 **Software:** GAP<sup>2</sup>, GAP<sup>1</sup>

271 **Supervision:** GAP<sup>1</sup>, GAP<sup>2</sup>

272 **Validation:** GAP<sup>1</sup>, GAP<sup>2</sup>

273 **Visualization:** GAP<sup>1</sup>, GAP<sup>2</sup>

274 **Writing – original draft:** GAP<sup>1</sup>, GAP<sup>2</sup>

275 **Writing – review & editing:** GAP<sup>1</sup>, GAP<sup>2</sup>

276

277

278 **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 279 Addicott, E.T., Fenichel, E.P., Bradford, M.A., Pinsky, M.L., & Wood, S.A. (2022). Toward  
280 an improved understanding of causation in the ecological sciences. *Frontiers in*  
281 *Ecology and the Environment*, 20, 474-480.
- 282 Annan, K. (2023). A challenge to the world's scientists. *Science*, 299, 1485.
- 283 Argota, P.G., Fimia, D.R., & Iannacone, J. (2020). Epistemología de la biorregulación larval  
284 de *Aedes aegypti* Linnaeus, 1762 mediante peces *Gambusia* en condiciones de  
285 contaminación. *Neotropical Helminthology*, 14, 253-256.
- 286 Bartlett, L.K., Pirrone, A., Javed, N., & Gobet, F. (2023). Computational scientific discovery  
287 in psychology. *Perspectives on Psychological Science*, 18, 178-189.
- 288 Belluccini, G., López, G.M., Lythe, G., & Molina, P.C. (2022). Counting generations in birth  
289 and death processes with competing Erlang and exponential waiting times. *Scientific*  
290 *Reports*, 12, 11289.
- 291 Burli, A., Law, R., & Maibach, H. (2022). Percutaneous penetration: reliability of  
292 mathematical models. *SKIN The Journal of Cutaneous Medicine*, 6, 172-173.
- 293 de Courson, B., Thouzeau, V., & Baumard, N. (2023). Quantifying the scientific revolution.  
294 *Evolutionary Human Sciences*, 5, 19.
- 295 Eguiraun, H., & Martinez, I. (2023). Non-linear analyses of fish behaviours in response to  
296 aquatic environmental pollutants —A review. *Fishes*, 8, 311.
- 297 Giménez, L., Espinosa, N., & Torres, G. (2022). A framework to understand the role of  
298 biological time in responses to fluctuating climate drivers. *Scientific Reports*, 12,  
299 10429.
- 300 Giverso, C., Grillo, A., & Saccomandi, G. (2022). Foreword to the special issue in honour of  
301 Prof. Luigi Preziosi “Nonlinear mechanics: The driving force of modern applied and  
302 industrial mathematics”. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, 145, 104090.
- 303 Granieri, L. (2021). The maths of cause-effect relationship. *Science & Philosophy*, 9, 91-103.
- 304 Helland, I.S. (2022). On the diversity and similarity of mathematical models in Science.  
305 *Arxiv*, 1, 1-15.
- 306 Hertika, A.M.S., Arfiati, D., Lusiana, E.D., & Putra, R.B.D.S. (2022). Effect of  
307 environmental factors on blood counts of *Gambusia affinis* caught at Brantas River  
308 watershed, Indonesia. *F1000Research*, 10, 1169.

309 Kahl, D., & Kschischo, M. (2021). Searching for errors in models of complex dynamic  
310 systems. *Frontiers Physiology*, *11*, 612590.

311 Madhuri, B., Bharghavi, K., Maharaj, S., Supriya, K., Priyanka, N., & Monica, S.S. (2024).  
312 Green approaches to mosquito control: A comprehensive review. *International Journal*  
313 *of Environment and Climate Change*, *14*, 247-258.

314 Munch, S.B., Rogers, T.L., & Symons, C.S. (2023). Constraining nonlinear time series  
315 modeling with the metabolic theory of ecology. *Proceedings of the National Academy*  
316 *of Sciences of the United States of America*, *120*, 2211758120.

317 Murtaziiev, E., & Syusyukan, Y. (2022). Mathematical modeling: main stages and  
318 classification of models. *Modern Problems of Modeling*, *24*, 140-146.

319 Niv, Y.A., Barnea, R., & Rubinshtein, Z.E. (2022). The role of models as a decision-making  
320 support tool rather than a guiding light in managing the COVID-19 pandemic.  
321 *Frontiers in Public Health*, *10*, 1002440.

322 Rauschenberger, A., Glaab, E., & van de Wiel, M.A. (2021). Predictive and interpretable  
323 models via the stacked elastic net. *Bioinformatics*, *37*, 2012-2016.

324 Traini, E., Huss, A., Portengen, L., Rookus, M., Verschuren, W.M.M., Vermeulen, R.C., &  
325 Bellavia, A. (2022). The authors respond. *Epidemiology*, *33*, 21-22.

326 Waclawek, M., Świsłowski, P., & Rajfur, M. (2022). The biological monitoring as a source  
327 of information on environmental pollution with heavy metals. *Chemistry Didactics*  
328 *Ecology Metrology*, *27*, 53-78.

329 Received March 5, 2024.

330 Accepted May 10, 2024.

331