



## ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

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

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

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

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente “AMTAWI”. Ica, Perú.  
\* Corresponding author: george.argota@gmail.com

George Argota-Pérez: <https://orcid.org/0000-0003-2560-6749>  
Geomanis Argota-Pérez: <https://orcid.org/0009-0003-7022-1239>

## ABSTRACT

The study aimed to propose a mathematical model with bias and coefficients of influence in the theoretical relationship of scientific thought: analysis from the larval bio-regulator *Gambusia punctata* Poey, 1854. The study was conducted between January and April 2024. The mathematical model is based on the independent variable ( $-Vi$ ), the dependent variable ( $-Vd$ ), a control coefficient ( $m$ ), and an exponential function ( $e^{-Vd}$ ). A coefficient ( $s$ ) that adjusts the initial bias is considered. Two equations were proposed as a mathematical model: 1st)  $-Vi = m \cdot (1 - e^{-Vd}) + s \cdot (1 - e)$ , and 2nd)  $-Vd = \sum_{i=1}^n [m \cdot -Vi \cdot (1 - e^{-Vd})] + s \cdot (1 - e)$ . The selection will depend on identifying one or several independent variables. The value  $m$  was determined through weighted values: -0.2 (minor influence), -0.4 (moderate influence), -0.6 (considerable influence), and -0.8 (significant influence) referring from perceptible but limited changes to fundamental and marked changes in the values or results of the dependent variable. The allocation of weighted values was based on the theoretical understanding of the system where empirical and theoretical data are integrated. The inclusion of the exponential function improves accuracy on complex non-linear cause-effect relationships in natural systems. It is concluded that the proposed mathematical model, supported by weighted assignments and an exponential function, provides a robust tool to understand and predict responses in complex systems. Although initial subjectivity may introduce some uncertainty, a rigorous review of scientific literature minimizes potential biases, ensuring its validity and utility in science.

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

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 Helmintología 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: <https://dx.doi.org/10.62429/rnh20241811769>

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue proponer un modelo matemático con sesgo y coeficientes de influencia en la relación teórica del pensamiento científico: análisis desde el biorregulador larvario *Gambusia punctata* Poey, 1854. El estudio se realizó durante cuatro meses. El modelo matemático se fundamenta en la variable independiente ( $-V_i$ ), la variable dependiente ( $-V_d$ ), un coeficiente de control ( $m$ ), y una función exponencial ( $e^{-V_d}$ ). Se considera un coeficiente ( $s$ ) que ajusta el sesgo inicial. Se propuso como modelo matemático dos ecuaciones: 1ro)  $-V_i = m \cdot (1 - e^{-V_d}) + s \cdot (1 - e)$ , y 2do)  $-V_d = \sum_{i=1}^n [m \cdot -V_i \cdot (1 - e^{-V_d})] + s \cdot (1 - e)$ . La selección dependerá de identificar una o varias variables independientes. El valor  $m$  fue mediante valores ponderados: -0,2 (influencia menor), -0,4 (influencia moderada), -0,6 (influencia considerable), y -0,8 (influencia significativa) que refirieron desde cambios perceptibles, pero limitados hasta cambios fundamentales y marcados en los valores o resultados de la variable dependiente. La asignación de valores ponderados se basó en la comprensión teórica del sistema donde se integra datos empíricos y teóricos. La inclusión de la función exponencial mejora la precisión sobre las complejas relaciones causa-efecto no lineales en sistemas naturales. Se concluye que, el modelo matemático propuesto, que es respaldado por asignaciones ponderadas y una función exponencial, ofrece una sólida herramienta para comprender y predecir respuestas en sistemas complejos. Aunque la subjetividad inicial puede introducir cierta incertidumbre, una rigurosa revisión de la literatura científica minimiza sesgos potenciales, asegurando así su validez y utilidad en la ciencia.

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

## INTRODUCCIÓN

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

El modelo matemático a desarrollar para estudiar la relación teórica del pensamiento científico en el contexto de la especie biomonitor *Gambusia punctata* (Poey, 1854), se basa en la observación de diferentes variables ambientales y biológicas que influyen en su comportamiento, y la capacidad para regular las poblaciones de larvas de mosquitos (Argota *et al.*, 2020; Wacławek *et al.*, 2022; Madhuri *et al.*, 2024). Estas variables pueden incluir factores como la temperatura

del agua, la disponibilidad de alimento, la densidad de población y la presencia de depredadores (Hertika *et al.*, 2022; Eguiraun & Martinez, 2023).

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

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

## MATERIALES Y MÉTODOS

El sustento teórico para la propuesta del modelo matemático considera los términos sobre la variable independiente ( $-V_i$ ), variable dependiente ( $-V_d$ ), coeficiente de control ( $m$ ) sobre la magnitud del cambio en

la (s) variable (s) independiente (s) sobre la modificación de la variable dependiente desde una unidad temporal, una función exponencial ( $e^{-V_d}$ ) desde el reconocimiento de sistemas naturales complejos, otro coeficiente que ajusta el sesgo (s) en su punto inicial y un corrector adicional de magnitud y compensación de efecto.

Se asignaron valores ponderados en función de la importancia o fuerza relativa de la (o cada) variable (s) independiente (s) sobre la variable dependiente. La representación fue: -0,2 (influencia menor), -0,4 (influencia moderada), -0,6 (influencia considerable), y -0,8 (influencia significativa), respectivamente.

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

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

## RESULTADOS

El modelo matemático con sesgo y coeficientes de influencia en la relación teórica del pensamiento científico puede ser mediante dos ecuaciones. La primera, considera una relación única de la variable independiente, mientras que la segunda, corresponderían a dos o más variables independientes. Una vez desarrollado el modelo matemático, se puede utilizar para predecir determinada respuesta de modificación, desde la suposición ponderada de un escenario esperado:

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

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

donde

- $-V_i$  = Es la variable independiente, que representa un valor numérico específico de variación (el signo negativo representa la probable causa indeseada).
- $-V_d$  = Es la variable dependiente, cuyo valor está influenciado por el valor de  $-V_i$  y otros factores.

- $m$  = Es el coeficiente que multiplica el primer término de la ecuación. Este coeficiente controla la magnitud (cuánto) del cambio en  $-V_i$  y posterior respuesta a una modificación (cuando) en  $-V_d$  desde una unidad temporal.
- $e^{-V_d}$  = Es una función exponencial que afecta al primer término de la ecuación.  $e$  es la constante de Euler y  $-V_d$  es la variable dependiente. Esta función exponencial ajusta la relación entre  $-V_i$  y  $-V_d$ , y puede amplificar o disminuir el efecto de  $-V_d$  en  $-V_i$ .
- $s$  = Es el coeficiente que multiplica el segundo término de la ecuación. Este coeficiente ajusta el sesgo o punto inicial de la transformación en la escala de  $-V_i$ , independientemente de  $-V_d$ . Representa el valor de  $-V_i$  cuando  $-V_d$  es cero o cuando no hay influencia de  $-V_d$  en  $-V_i$ .
- $(1 - e)$  = Es un término que aparece en ambos términos de la ecuación. Representa una corrección o ajuste adicional basado en la constante de Euler ( $e$ ). Este término puede afectar la magnitud general de  $-V_i$  y compensar el efecto de  $-V_d$  en  $-V_i$ .
- $\sum_{i=1}^n$  = representa la suma de las variables independientes  $\Sigma$  desde 1 hasta  $n$ » significa que estás sumando todos los términos desde el primer término (1) hasta el enésimo término (n) de una secuencia.
- Nota: el signo negativo de ( $-V_i$ ) y ( $-V_d$ ) expresa que existe una relación teórica no deseada.

La Tabla 1 muestra la matriz con los valores ponderados de coeficiente ( $m$ ) que controla la magnitud del cambio en  $-V_i$  y posterior respuesta a una modificación en  $-V_d$ . Para considerar los valores ponderados de -0,2, -0,4, -0,6 y -0,8 en el modelo matemático, se asigna en función de la importancia relativa de cada variable independiente con relación a la variable dependiente. Es decir, se asigna un valor ponderado más alto cuando se considera que tienen una influencia más significativa, y que proviene desde la construcción del modelo teórico previo a la problematización (brecha o vacío del conocimiento). Los valores ponderados reflejan la fuerza relativa de la influencia de cada variable independiente. Por ejemplo, -0,2 (influencia menor), -0,4 (influencia moderada), -0,6 (influencia considerable), y -0,8 (influencia significativa).

**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						$= -V_i \cdot 1/2$	o	$= -Vi = +(-Vi=2)+...-V_{i=n} / N_{-V_i}$

- **Influencia menor:** se define como una contribución leve o poco significativa de la variable independiente a la variable dependiente. La variable independiente causa cambios perceptibles pero limitados en los valores o resultados de la variable dependiente.
- **Influencia moderada:** se refiere a una contribución perceptible pero no sustancial de la variable independiente a la variable dependiente. La variable independiente causa cambios significativos pero no dominantes en los valores o resultados de la variable dependiente.
- **Influencia considerable:** se define como una contribución notable y relevante de la variable independiente a la variable dependiente. La variable independiente causa cambios significativos y sustanciales en los valores o resultados de la variable dependiente.
- **Influencia significativa:** se refiere a una contribución importante y sustancial de la variable independiente a la variable dependiente. La variable independiente causa cambios fundamentales y marcados en los valores o resultados de la variable dependiente, siendo esencial para su comprensión o predicción.

Ejemplificación con el biorregulador larvario *G. punctata*, solo para los valores: m y  $-V_i$ . Se considera  $-V_d$  = presencia de larvas de mosquitos considerable, y  $-V_{i=1}$  = calidad físico-química deficiente,  $V_{i=2}$  = temperatura del agua inadecuada. En este caso, se seleccionada la ecuación II y la sustitución de los valores corresponde a:

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

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

- 4)  $-V_d = [(-0,6 \cdot -calidad \text{ físico-química}) + (-0,2 \cdot temperatura \text{ del agua})] \cdot (1-e^{-V_d}) + s \cdot (1-e)$
- 5)  $-V_d = (-0,8) \cdot (1-e^{-V_d}) + s \cdot (1-e)$

No se sustituye los valores de la expresión:  $(1-e^{-V_d}) + s \cdot (1-e)$ , por resultar innecesario, pues dependerá de

las condiciones supuesta para la demostración sobre la relación teórica.

## DISCUSIÓN

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

Los valores ponderados se seleccionaron con el propósito de representar la influencia percibida de cada variable independiente en la variable dependiente, considerando su importancia relativa en la causa y el efecto observado. Por ejemplo, si se tiene evidencia de que ciertas variables tienen un impacto más significativo en el resultado deseado, se les asignarán valores ponderados más altos para reflejar su mayor influencia en el modelo. Durante el contexto específico del estudio sobre el biorregulador larvario *G. punctata*, se consideró que la calidad físico-química deficiente (-0,6) y la temperatura del agua inadecuada (-0,2) tenían diferentes niveles de influencia en la presencia de larvas de mosquitos, reflejando así la heterogeneidad en la contribución de las variables independientes. Esta práctica se alinea con la metodología científica, que enfatiza la importancia de basar las decisiones en evidencia empírica sólida, y en una comprensión profunda del fenómeno estudiado (Kahl & Kschischo, 2021).

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

En cuanto a la inclusión de la función exponencial ( $e^{-V_d}$ ), esta decisión se basa en la comprensión de que las

relaciones causa-efecto en muchos sistemas naturales no son necesariamente lineales. En lugar de seguir una relación lineal simple, es común observar que los efectos de las variables independientes en la variable dependiente exhiben un comportamiento más complejo y no lineal (Giménez *et al.*, 2022). La inclusión de la función exponencial permite capturar esta complejidad y modelar de manera más precisa cómo los cambios en las variables independientes afectan la variable dependiente. Por ejemplo, en muchos sistemas biológicos y ambientales, los efectos de las variables ambientales pueden amplificarse o atenuarse exponencialmente a medida que varían, lo que justifica la elección de una función exponencial en lugar de una relación lineal simple (Belluccini *et al.*, 2022; Munch *et al.*, 2023). La comprensión de las relaciones causa-efecto no lineales en los sistemas naturales es crucial para determinar la inclusión de funciones exponenciales en los modelos matemáticos, permitiendo capturar eficazmente la compleja dinámica de estos sistemas (Granieri, 2021).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Addicott, E.T., Fenichel, E.P., Bradford, M.A., Pinsky, M.L., & Wood, S.A. (2022). Toward an improved understanding of causation in the ecological sciences. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 20, 474-480.
- Annan, K. (2023). A challenge to the world's scientists. *Science*, 299, 1485.
- Argota, P.G., Fimia, D.R., & Iannacone, J. (2020). Epistemología de la biorregulación larval de *Aedes aegypti* Linnaeus, 1762 mediante peces *Gambusia* en condiciones de contaminación. *Neotropical Helminthology*, 14, 253-256.
- Bartlett, L.K., Pirrone, A., Javed, N., & Gobet, F. (2023). Computational scientific discovery in psychology. *Perspectives on Psychological Science*, 18, 178-189.

- Belluccini, G., López, G.M., Lythe, G., & Molina, P.C. (2022). Counting generations in birth and death processes with competing Erlang and exponential waiting times. *Scientific Reports*, *12*, 11289.
- Burli, A., Law, R., & Maibach, H. (2022). Percutaneous penetration: reliability of mathematical models. *SKIN The Journal of Cutaneous Medicine*, *6*, 172-173.
- de Courson, B., Thouzeau, V., & Baumard, N. (2023). Quantifying the scientific revolution. *Evolutionary Human Sciences*, *5*, 19.
- Eguiraun, H., & Martinez, I. (2023). Non-linear analyses of fish behaviours in response to aquatic environmental pollutants —A review. *Fishes*, *8*, 311.
- Giménez, L., Espinosa, N., & Torres, G. (2022). A framework to understand the role of biological time in responses to fluctuating climate drivers. *Scientific Reports*, *12*, 10429.
- Givero, C., Grillo, A., & Saccomandi, G. (2022). Foreword to the special issue in honour of Prof. Luigi Preziosi “Nonlinear mechanics: The driving force of modern applied and industrial mathematics”. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, *145*, 104090.
- Granieri, L. (2021). The maths of cause-effect relationship. *Science & Philosophy*, *9*, 91-103.
- Helland, I.S. (2022). On the diversity and similarity of mathematical models in Science. *Arxiv*, *1*, 1-15.
- Hertika, A.M.S., Arfiati, D., Lusiana, E.D., & Putra, R.B.D.S. (2022). Effect of environmental factors on blood counts of *Gambusia affinis* caught at Brantas River watershed, Indonesia. *F1000Research*, *10*, 1169.
- Kahl, D., & Kschischo, M. (2021). Searching for errors in models of complex dynamic systems. *Frontiers Physiology*, *11*, 612590.
- Madhuri, B., Bharghavi, K., Maharaj, S., Supriya, K., Priyanka, N., & Monica, S.S. (2024). Green approaches to mosquito control: A comprehensive review. *International Journal of Environment and Climate Change*, *14*, 247-258.
- Munch, S.B., Rogers, T.L., & Symons, C.S. (2023). Constraining nonlinear time series modeling with the metabolic theory of ecology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *120*, 2211758120.
- Murtaziiiev, E., & Syusyukan, Y. (2022). Mathematical modeling: main stages and classification of models. *Modern Problems of Modeling*, *24*, 140-146.
- Niv, Y.A., Barnea, R., & Rubinshtein, Z.E. (2022). The role of models as a decision-making support tool rather than a guiding light in managing the COVID-19 pandemic. *Frontiers in Public Health*, *10*, 1002440.
- Rauschenberger, A., Glaab, E., & van de Wiel, M.A. (2021). Predictive and interpretable models via the stacked elastic net. *Bioinformatics*, *37*, 2012-2016.
- Traini, E., Huss, A., Portengen, L., Rookus, M., Verschuren, W.M.M., Vermeulen, R.C., & Bellavia, A. (2022). The authors respond. *Epidemiology*, *33*, 21-22.
- Wacławek, M., Świsłowski, P., & Rajfur, M. (2022). The biological monitoring as a source of information on environmental pollution with heavy metals. *Chemistry Didactics Ecology Metrology*, *27*, 53-78.

Received March 5, 2024.

Accepted May 10, 2024.