

Estado de la publicación: No informado por el autor que envía

Análisis cualitativo de la ecuación logística en el campo educativo

Ingrid Quilantán-Ortega, Flor Monserrat Rodríguez-Vásquez

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.8990>

Enviado en: 2024-05-25

Postado en: 2024-05-29 (versión 1)

(AAAA-MM-DD)

Análisis cualitativo de la ecuación logística en el campo educativo

Qualitative analysis of the logistic equation in the educational field

Análise qualitativa da equação logística no campo educacional

Ingrid Quilantán Ortega
Universidad Autónoma de Guerrero
<https://ror.org/054tbkd46>
Guerrero, México
21254443@uagro.mx
<https://orcid.org/0009-0005-6198-065X>

Flor Monserrat Rodríguez Vásquez
Universidad Autónoma de Guerrero
<https://ror.org/054tbkd46>
Guerrero, México
flor.rodriguez@uagro.mx
<https://orcid.org/0000-0002-9596-4253>

Resumen

Introducción. La educación matemática universitaria, ha debido transformarse en sus métodos de enseñanza-aprendizaje para orientarse, tanto en los contenidos académicos y la transmisión de saberes, como en el desarrollo integral del ser humano para atender las problemáticas actuales de la sociedad. La ecuación logística, permite modelar diversos fenómenos en diversas áreas científicas e incidir en la mejora de estas problemáticas. Dado que es de gran utilidad en diversos contextos científicos planteamos la necesidad de mostrar un panorama amplio y detallado acerca de ésta, sobre todo en el plano de la enseñanza-aprendizaje de la matemática, ya que, en el contexto escolar, algunos estudiantes muestran dificultades relacionadas con su comprensión. **Objetivo.** Mostrar una revisión sistemática de las investigaciones que se han realizado sobre la ecuación logística desde el campo de la matemática educativa. **Análisis.** El periodo para analizar comprende del año 2000 a 2022, considerando aquellos documentos que tratan de

la ecuación logística en la educación. **Metodología.** Para recolectar y analizar los datos se usó el análisis cualitativo de texto de Kuckartz. **Resultados.** Las principales dificultades relacionadas con la ecuación logística son en el uso de las distintas representaciones, en el aprendizaje como ecuación diferencial, así como dificultades en la comunicación interdisciplinar. Las propuestas didácticas en atención a dichas dificultades hacen uso de distintos enfoques, herramientas tecnológicas y marcos teóricos diversos. **Conclusiones.** Considerando la vasta aplicabilidad de la ecuación logística, se plantea que la modelación matemática es una de las principales estrategias metodológicas de aprendizaje de esta ecuación y sus conceptos relacionados.

Palabras Clave: Curva logística; ecuación logística; función logística; modelo matemático; revisión de literatura.

Abstract

Introduction. University mathematics education has had to transform its teaching-learning methods to orient itself, both in academic content and the transmission of knowledge, and in the integral development of the human being to address the current problems of society. The logistic equation allows us to model various phenomena in various scientific areas and influence the improvement of these problems. Given that it is very useful in various scientific contexts, we propose the need to show a broad and detailed overview of it, especially at the level of teaching-learning of mathematics, since, in the school context, some students show difficulties related to their understanding. **Objective.** Show a systematic review of the research carried out on the logistic equation from the field of educational mathematics. **Analysis.** The period to analyze includes the years 2000 to 2022, considering those documents that deal with the logistics equation in education. **Methodology.** Kuckartz's qualitative text analysis was used to collect and analyze the data. **Results.** The main difficulties related to the logistic equation are in the use of different representations, in learning as a differential equation, and in

interdisciplinary communication. The didactic proposals in response to these difficulties use different approaches, technological tools, and diverse theoretical frameworks. **Conclusions.** Considering the vast applicability of the logistic equation, it is proposed that mathematical modeling is one of the main methodological strategies for learning this equation and its related concepts.

Keywords: Logistic curve; logistic equation; logistic function; mathematical model; literature review.

Resumo

Introdução. A educação matemática universitária teve que transformar seus métodos de ensino-aprendizagem para se orientar, tanto nos conteúdos acadêmicos quanto na transmissão do conhecimento, e no desenvolvimento integral do ser humano para enfrentar os problemas atuais da sociedade. A equação logística permite modelar diversos fenômenos em diversas áreas científicas e influenciar na melhoria desses problemas. Dado que é muito útil em vários contextos científicos, propomos a necessidade de mostrar uma visão ampla e detalhada do mesmo, especialmente ao nível do ensino-aprendizagem da matemática, uma vez que, no contexto escolar, alguns alunos apresentam dificuldades relacionadas com a sua entendimento. **Objetivo.** Apresentar uma revisão sistemática das pesquisas realizadas sobre a equação logística no campo da matemática educacional. **Análise.** O período a analisar compreende o ano de 2000 a 2022, considerando aqueles documentos que tratam da equação logística na educação. **Metodologia.** A análise qualitativa de texto de Kuckartz foi utilizada para coletar e analisar os dados. **Resultados.** As principais dificuldades relacionadas à equação logística estão no uso de diferentes representações, na aprendizagem como equação diferencial, bem como dificuldades na comunicação interdisciplinar. As propostas didáticas em resposta a essas dificuldades utilizam diferentes abordagens, ferramentas tecnológicas e diversos referenciais teóricos. **Conclusões.** Considerando a vasta aplicabilidade da equação logística, propõe-se que a

modelagem matemática seja uma das principais estratégias metodológicas para o aprendizado desta equação e seus conceitos relacionados.

Palavras-chave: Curva logística; equação logística; função logística; modelo matemático; revisão de literatura.

Introducción

La ecuación logística o modelo logístico, es una ecuación diferencial ordinaria utilizada, entre otras cosas, para modelar diversos fenómenos químicos, físicos, biológicos, económicos e incluso sociales. Por ello, su relevancia como un tema de enseñanza y aprendizaje en nivel educativo universitario. No obstante, se ha observado que algunos estudiantes presentan ciertas dificultades en su análisis y su solución ([Habre, 2000](#)), no solo por ser una ecuación diferencial ordinaria, sino que además su solución es una función y no un valor numérico como usualmente se ha enseñado en niveles educativos previos al resolver ecuaciones ([Rasmussen, 2001](#)).

Asimismo, existen dificultades en su interpretación, es decir, los estudiantes presentan problemas para realizar una conexión entre los contextos de la vida real y su representación matemática ([Soon et al., 2011](#)). Al respecto, [Rodríguez y Ulloa \(2017\)](#), mencionan que las dificultades en la interpretación de la solución de las ecuaciones diferenciales se deben en parte, a que en el aula de clases se ejemplifican problemas matemáticos bajo situaciones imaginarias o abstractas dejando de lado lo concreto y el contexto social del estudiante.

Aprovechando la aplicabilidad de la ecuación logística en los problemas actuales, por ejemplo, la actual pandemia por COVID-19, algunos autores han analizado aspectos específicos de dicha ecuación con un fin didáctico, por ejemplo, el estudio de los parámetros involucrados en ésta, su crecimiento acotado, la aproximación exponencial, el análisis de su gráfica y su interpretación ([Ang, 2004](#);

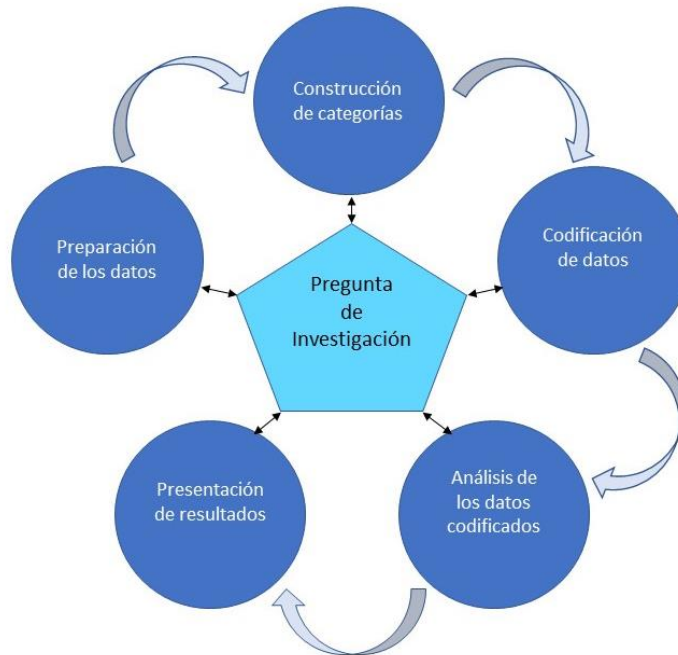
Bejarano, 2005; Ekici & Plyley, 2019; Gualano et al., 2017; Kucharavy De Guio, 2011; Medina et al., 2020; Pelinovsky et al., 2020; Pereira & Conceição, 2013; Tene et al., 2021; Winkel, 2011, 2012). Sin embargo, se reconoce que se debe documentar con mayor rigor lo relativo a la ecuación logística en educación matemática para permitir la crítica ordenada, precisa y analítica sobre dicho tema, de tal forma que se informe y se invite a la discusión en el trabajo académico como lo plantea Guirao (2015).

Así, el objetivo de este artículo es mostrar el estado actual de la ecuación logística en el contexto de la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas a partir de una revisión documental que permita identificar qué se sabe y qué se desconoce sobre el objeto de estudio. Con lo cual se contribuye en: tener un conocimiento actualizado sobre las propuestas metodológicas utilizadas al investigar sobre la ecuación logística, conocer las dificultades más comunes que se dan sobre este concepto en los diferentes niveles educativos y qué modelos matemáticos referentes a la ecuación logística han sido empleados, así como puntualizar en los focos de atención sobre otros conceptos matemáticos relacionados.

Metodología

Para recolectar y analizar los datos se utilizó el análisis cualitativo de texto de Kuckartz (2019). Este consiste en cinco fases que forman un ciclo: 1) preparación de los datos, 2) construcción de categorías, 3) codificación de datos, 4) análisis de los datos codificados: compilación de pasajes de textos con las categorías principales y posible formación de subcategorías, 5) presentación de resultados. (Ver Figura 1).

Figura 1 Las cinco fases del análisis cualitativo de contenido



Nota: Adaptado de [Kuckartz \(2019\)](#).

Para la preparación de los datos se realizó una búsqueda bibliográfica referente al concepto Ecuación Logística en las bases de datos: Google Scholar, ERIC, JSTOR, Scielo, Taylor and Francis Online así como la red ResearchGate, a fin de contar con documentos confiables entre tesis de posgrado, actas de congresos, artículos científicos, libros y capítulos de libros, acordes con el tema a investigar.

La búsqueda de los documentos se realizó utilizando palabras clave como: ecuación logística, enseñanza de la ecuación logística, comprensión de la ecuación logística, función logística, modelo logístico; así como palabras en inglés como: logistic equation, logistic model y logistic function. Todos los documentos seleccionados fueron publicados en el periodo 2000-2022.

De los documentos encontrados, se consideraron todos aquellos que contenían la palabra Ecuación Logística ya sea en el título, resumen o contenido y que estaban relacionados con la matemática educativa. Estos documentos fueron organizados en tablas de análisis, las cuales contienen información específica de

cada documento, a saber: autor, año de publicación, tipo, título del documento, resumen, objetivo, marco teórico o metodología utilizada, observaciones importantes y conclusiones (ver [Tabla 1](#)).

Tabla 1. Ejemplo de organización de la información de un documento

Datos del documento	Resumen	Objetivo	Marco Teórico-Metodología	Observaciones-Conclusiones
<p>Winkel, B. J. (2012). Sourcing for Parameter Estimation and Study of Logistic Differential Equation. <i>International Journal of Mathematical Education in Science and Technology</i>, 43 (1), 67-83. https://doi.org/10.1080/0020739X.2011.582178</p>	<p>Este artículo ofrece oportunidades de modelado en las que los fenómenos de la propagación de enfermedades, la percepción de masa cambiante, el crecimiento de la tecnología y la difusión de información pueden describirse mediante una ecuación diferencial: la ecuación diferencial logística. Se presentan dos actividades de simulación para que los estudiantes generen datos reales, así como otras varias actividades en las que se ofrecen datos con el propósito de estimar parámetros en el modelo de ecuaciones diferenciales logísticas.</p>	<p>El propósito de este trabajo es presentar dos actividades de simulación para que los estudiantes generen datos reales y varias fuentes de datos con el fin de estimar parámetros en la ecuación diferencial logística.</p>	<p>Situaciones de aprendizaje basadas en modelación matemática.</p>	<p>Se presentan modelos poblacionales elementales, modelos de propagación de enfermedades y modelos de difusión de la tecnología.</p> <p>Con los datos de una tabla se conjetura un modelo matemático.</p> <p>Los estudiantes dan sugerencias para el desarrollo de estrategias para estimar parámetros.</p> <p>Utilización de herramientas computacionales como el software Mathematica, la herramienta Trendline en EXCEL y simuladores como M&M.</p> <p>Se concluye que se debe motivar el aprendizaje de ecuaciones diferenciales con escenarios realistas, incluir estimación de parámetros</p> <p>y confirmación del modelo matemático para la mejora de la enseñanza de la matemática.</p>

Nota: Elaboración propia, con información tomada de [Winkel \(2012\)](#).

En las tablas de análisis se notaron palabras y frases recurrentes que aparecían en los textos y a partir de ellas se formaron las categorías relativas al concepto Ecuación Logística, las cuales fueron: Dificultades asociadas al concepto,

Propuestas didácticas para el tratamiento de dicha ecuación y Aplicabilidad del concepto (uso en otras disciplinas y en la matemática en sí). Estas categorías se consideran no excluyentes, por ejemplo, la propuesta de *usar diferentes representaciones* del concepto está dada justamente para resolver la *dificultad* que presentan los estudiantes al *emplear las diferentes representaciones*, por lo que un pasaje de texto que mencione estas *representaciones* puede ser considerado en ambas categorías (dificultades y propuestas).

El cuerpo principal de las investigaciones seleccionadas para la elaboración de este estudio está conformado por 34 documentos, en la [Tabla 2](#) se muestra el listado de estos documentos junto con la fuente de la que fue tomado. Las revistas donde están publicados varios de los artículos analizados están altamente posicionadas en la matemática educativa de acuerdo con el ranking elaborado por [Williams y Leatham \(2017\)](#). Algunos otros documentos, aunque no figuran en el ranking mencionado, fueron considerados por su contribución respecto al tema de interés.

Para la codificación de los datos se seleccionaron pasajes de texto de cada uno de los documentos, asociados a las categorías mencionadas. Posteriormente se formaron las subcategorías y se les asignó un código. A cada código se le asignó un color de identificación (ver [Tabla 3](#)). La última fase del ciclo, Presentación de Resultados, se muestra en la siguiente sección.

Tabla 2. Conjunto de investigaciones por orden cronológico en los que se basa esta revisión

Autor y año	Fuente
Rotem, S. H., y Ayalon, M. (2021)	Educational Studies in Mathematics
Valero, C. M. A., y Lezama, A. F. J. (2020)	El cálculo y su Enseñanza. Enseñanza de la Ciencia y la Matemática
Vargas, H. J., Chaves, E. R. F., Rodríguez, V. F. M., y Jaimes, C. L. A. (2020)	En Blanco, P. J. A., Diario de campo: Resultados del desarrollo de métodos y técnicas de investigación
Díaz, E. C., Highlander, H. C., Dahlquist, K. D., Ledder, G., LaMar, M. D., y Schugart R. C. (2019)	Primus
Ekici, C., y Plyley, C. (2019)	Primus
Parra, E., Gordillo, W., y Pinzón, W.J. (2019)	Formación Universitaria
Kadas, Z. (2018)	Primus

Oropesa, C. A., Cortez, R, y Been, A. B. (2018)	Mathematical Thinking and Learning
Gualano, L., Graieb, A., Baragatti, E. y Andriani, L. R. (2017)	In I Jornadas sobre Enseñanza y Aprendizaje en el Nivel Superior en Ciencias Exactas y Naturales
García, L. G.S. (2017)	Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona
Rodríguez, C. J. y Ulloa, J. (2017)	Investigación e Innovación en Matemática Educativa
Pereira, J. C. y Conceição, A. C. (2013)	1st International Conference on Algebraic and Symbolic Computation
Espinosa, Y. A. y Saavedra, J.F. (2013)	EJES
Couh-Noh, J. R. y Cabañas, S. M. G. (2013)	Memoria de la XVI EIME Red Cimates
Winkel, B. J. (2012)	International Journal of Mathematical Education in Science and Technology
Ulloa, J., Arrieta, J. y Espino, G. (2013)	Acta Latinoamericana de Matemática Educativa
Biembengut, M. (2012)	Concepções e Tendências de Modelagem Matemática na Educação Brasileira
Kucharavy, D., y De Guio, R. (2011)	Procedia Engineering
Fernández, E., y Geist, K. A. (2011)	The Mathematics Teacher
Soon, W., Tirtasanjaya, L. L., y McInnes, B. (2011)	International Journal of Mathematical Education in Science and Technology
Winkel, B. J. (2011)	Primus
Castillo-Garsow, C. (2010)	Tesis de posgrado. Arizona State University
Gordon, S. P. (2009)	Primus
Gordon, S. P. (2008)	Primus
Barquero, B., Bosch, M., y Gascón, J. (2007)	Sociedad, escuela y matemáticas: aportaciones de la teoría antropológica de lo didáctico
Ang, K. C. (2006)	The Mathematics Educator
Bejarano, C. A. (2005)	Epsilon
Hamilton, A. J. (2005)	International Journal of Mathematical Education in Science and Technology
Ang, K. C. (2004)	Teaching Mathematics and Its Applications: An International Journal of the IMA
McCartney, M., y Gibson, S. (2004).	Teaching Mathematics and Its Applications: An International Journal of the IMA
Stephan, M., y Rasmussen, C. (2002)	The Journal of Mathematical Behavior
Stephens, G. P. (2002)	The Mathematics Teacher
Roth, W. M., y Bowen, G. M. (2001)	Journal for Research in mathematics Education
Scott, P. (2000)	Mathematics in School

Nota: Elaboración propia.

Tabla 3. Categorías, subcategorías y códigos para el análisis

Categorías	Subcategorías	Códigos	Ejemplos de códigos
Dificultades	Distintas representaciones	DDR	Dificultades al utilizar la representación algebraica de la ecuación logística, así como su representación gráfica,
	Aprendizaje de las ecuaciones diferenciales	DAED	Resolver ecuaciones diferenciales explícitamente, comparar el análisis cualitativo con la solución explícita, ajustar curvas, estimar parámetros de los datos. Conocimientos previos.
	Enseñanza-aprendizaje de la modelación matemática	DEAMM	Falta de conocimiento del mundo real. Falta de conexión entre los contextos de la vida real y su representación matemática.

	Comunicación entre disciplinas	DCD	Información incorrecta al entablar conversaciones interdisciplinarias.
	Comprensión	DC	Formas en que el estudiante comprende la ecuación logística en problemas de dinámica poblacional. Comprensión de conceptos base de la ecuación logística.
Propuestas didácticas	Modelación matemática	PDMM	Complementariedad con otras disciplinas. Experiencias de aprendizaje basadas en actividades de índole variacional. Modelación matemática con juegos.
	Enfoque discreto vs. continuo	PDEDC	Equilibrio en la enseñanza de ecuaciones diferenciales y ecuaciones en diferencias.
	Herramientas tecnológicas	PDHT	EXCEL, Calculadoras-Graficadoras Científicas, Mathematica, F-tool/F-logistic, Geogebra, Winplot, SLAC, M&M, Mapple, Videos de youtube.
	Uso de distintas representaciones	PDDR	Experimental, Numérica, Simbólica, Gráfica, Visual, Verbal.
	Tránsito intradisciplinar	PDTI	Precálculo, matemáticas discretas, cálculo y ecuaciones diferenciales.
	Marcos teóricos	PDMT	Estudio de los elementos matemáticos que conforman el concepto Ecuación Logística basados en APOE, REI, Teoría de representación Semiótica.
Aplicabilidad	Biología, Agrobiotecnología y Medicina	ABAM	Propagación de enfermedades. Cultivo de bacterias.
	Ecología y Agropecuaria	AEA	Dinámica de poblaciones de animales y plantas. Cultivo de microalgas.
	Economía y ciencias empresariales	AECE	Difusión de la tecnología. Ventas de productos.
	Demografía, Estadística y Sociología	ADES	Dinámica de poblaciones humanas (crecimiento y sobrepoblación).
	Matemáticas	AM	Sistemas dinámicos, ecuaciones recursivas, iteraciones sucesivas. Construcción del concepto ecuación diferencial.

Nota: Elaboración propia.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados por categoría.

Dificultades asociadas a la ecuación logística

Al hacer el análisis de los documentos relativos a la ecuación logística se pudieron identificar las dificultades asociadas a este concepto. Las que destacan son las dificultades presentes en el uso de distintas representaciones, como por

ejemplo la representación algebraica, los estudiantes no identifican su forma, es decir, no distinguen cuando se trata de una ecuación de este estilo; así también dificultades en la representación gráfica de su solución, llamada función logística, la cual está dada por medio su gráfica llamada curva logística. En [Díaz et al. \(2019\)](#); [Espinosa y Saavedra \(2013\)](#); [Parra et al. \(2019\)](#); [Rotem y Ayalon \(2021\)](#), se menciona que los estudiantes de distintas áreas de la ciencia e ingenieras presentan confusión en el uso de estas representaciones.

En la [Figura 2a](#) se muestra un ejemplo del código DDR referente a las dificultades en el uso de distintas representaciones, se observa que la ecuación logística es vista como modelo poblacional, y que dada la representación algebraica se encuentran cierto tipo de patrones para ir a la representación gráfica, pero existen falencias (vistas como dificultades) al transitar de la representación tabular a la representación gráfica.

Referente a las dificultades en la comprensión ([Valero & Lezama, 2020](#); [Vargas et al., 2020](#)), se ha mencionado que las dificultades en la comprensión de las ecuaciones de crecimiento exponencial se relacionan, entre otras cosas, con la covariación del crecimiento. Por ejemplo, en la [Figura 2b](#) se manifiesta que se requiere mejorar la comprensión del fenómeno, refiriéndose de manera implícita al modelo logístico que modela la pandemia del COVID-19, por lo que se infiere como una dificultad.

El término covariación, así como otros conceptos asociados a las ecuaciones diferenciales posibilitan el aprendizaje de éstas. Sin embargo, en los documentos estudiados, se menciona que los estudiantes presentan dificultades al momento de resolver las ecuaciones diferenciales, de encontrar su solución explícita (de la forma $y = f(x)$) y compararla con el análisis cualitativo de la ecuación, así como al ajustar curvas y estimar parámetros de datos ([Castillo-Garsow, 2010](#); [Winkel, 2011, 2012](#)).

Aunado a la teoría básica de ecuaciones diferenciales, para su aprendizaje se necesitan conceptos matemáticos básicos como: función, límite, sucesión, convergencia, concavidad, razón de cambio, derivada, puntos críticos, integrales y

métodos de integración. En los documentos [Ekici y Pilyey \(2019\)](#); [Valero y Lezama \(2020\)](#); [Vargas et al. \(2020\)](#); [Stephan y Rasmussen \(2002\)](#), se identifica que existen dificultades en los conceptos previos mencionados, mismas que contribuyen de manera negativa al aprendizaje de las ecuaciones diferenciales y de la ecuación logística particularmente.

En la [Figura 2c](#) se muestra un ejemplo del código DAED referente a las dificultades en el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales, en donde se manifiesta que estas dificultades se pueden resolver desde el enfoque de la modelación matemática.

Figura 2a Código DDR **2b** Código DC **2c** Código DAED

- 2a observar en estudiantes de primer semestre deficiencias en conceptos aritméticos y algebraicos para describir y solucionar problemas contextualizados. En algunas de las preguntas que hacen alusión a **representación gráfica se encuentran falencias en la conversión de funciones (Duval, 2006)**; esto ocurre al **pasar de una representación tabular al bosquejo de gráficas**, sin embargo se detectaron patrones al **construir gráficas si el modelo poblacional se presenta en forma algebraica**. Se considera que la aplicación de la estrategia diseñada desde la I-A también permitió a los estudiantes aplicar los conceptos matemáticos en forma eficiente en la solución de problemas contextualizados con modelos de crecimiento poblacional, caracterizando
- 2b el análisis de los datos aportados por la Secretaría de Salud referentes a la pandemia del COVID-19 en México desde un punto de vista variacional, con la finalidad de **mejorar su comprensión del fenómeno** y progresar en el desarrollo de algunas competencias matemáticas del Marco Curricular Común del Sistema Nacional de Bachillerato.
- 2c fective by both researchers and practitioners [9, 28]. Inquiry-based approaches have been offered in the learning of differential equations in response to student difficulties, with an emphasis on continuous methods [27, 28, 32]. In this paper, we discuss how we **use the mathematical**

Nota: Tomado de [Parra et al. \(2019\)](#), [Valero y Lezama \(2020\)](#) y [Ekici y Pilyey \(2019\)](#).

Otro tipo de dificultades encontradas en los documentos son las encaminadas a la enseñanza y aprendizaje de la modelación matemática relacionada con el modelo logístico ([Rotem & Ayalon, 2021](#); [Soon et al., 2011](#)). En la [Figura 3a](#), se muestra el código DEAMM, y se hace referencia a que las dificultades sobre el aprendizaje del crecimiento exponencial se dan en el contexto de la matemática realista. En [Oropesa et al. \(2018\)](#), se habla acerca de que las dificultades en el aprendizaje de los estudiantes muchas veces se deben también a

las dificultades de los maestros (o futuros maestros) quienes, formados en matemáticas, no presentan un conocimiento vasto del mundo real por lo que la enseñanza de la modelación imposibilita la conexión entre el problema del mundo real y lo matemático. De aquí se deriva una dificultad más, la comunicación entre disciplinas. Y es que como la ecuación logística es un modelo matemático, se necesitan, además de los conocimientos matemáticos, los conocimientos propios de la disciplina en la cual se esté desarrollando la modelación (Biembengut, 2012). La información mal interpretada al entablar conversaciones entre personas de diferentes disciplinas puede propiciar errores en la modelación matemática y, por ende, errores en la resolución de situaciones problema contextualizados en la disciplina dada como lo manifiesta Díaz et al. (2019). En Ekici y Plyley (2019); Gualano et al. (2017), se hace mención sobre las conexiones intra e interdisciplinar (ver Figura 3b).

Figura 3a Código DEAMM **3b** Código DCD

- 3a two, is typical when learning about exponential growth in other curricula as well (e.g., Confrey & Smith, 1995; Doerr, 2006; Ellis et al., 2016; Webb et al., 2011). This contextual problem resonates with the *realistic mathematics education* (RME) approach to teaching and learning mathematics (Van den Heuvel-Panhuizen & Drijvers, 2014). RME is characterized by “rich, ‘realistic’ situations [that] are given a prominent position in the learning process.” (ibid; p. 521). The majority of the research that addresses understanding and possible difficulties while learning exponential growth is positioned in the RME context (e.g., Ellis et al., 2016; Webb et al., 2011).
- 3b use the theme of population dynamics, which has natural connections across mathematics, biology, ecology, economics, etc., as thread to build these intra-disciplinary and interdisciplinary connections. Adopting a

Nota: Tomado de Rotem y Ayalon (2021) y Ekici y Plyley (2019).

Propuestas didácticas para el tratamiento de la ecuación logística

En los documentos analizados se observó que los autores presentan algunas propuestas didácticas para el tratamiento de la ecuación logística. Estas propuestas

son presentadas de manera explícita (incluso en el título del artículo) o de manera implícita al ser utilizadas en sus artículos sobre experiencias didácticas, situaciones de aprendizaje o diseño de experimentos. Una de las propuestas con mayor frecuencia, es utilizar la modelación matemática como estrategia didáctica en la enseñanza de las ecuaciones diferenciales. Se menciona que la modelación es el complemento ideal que vincula a las matemáticas con otras disciplinas, permitiendo en los estudiantes desarrollar competencias matemáticas y potenciar su pensamiento crítico (Ang, 2006; Barquero et al., 2007; Bejarano, 2005; Gordon, 2009; McCartney & Gibson, 2004; Oropesa et al., 2018; Parra et al., 2019; Rodríguez & Ulloa, 2017; Rotem & Ayalon, 2021). (Ver Figura 4a).

Otra de las propuestas es introducir la enseñanza de la ecuación logística desde el enfoque discreto y continuo. La ecuación logística tiene una dinámica continua, vista como ecuación diferencial, y una dinámica discreta, vista como ecuación en diferencias. En el estudio de la dinámica discreta, el caos tiene un papel importante (Ekici & Plyley, 2019; Espinosa & Saavedra, 2013; García, 2017; Hamilton, 2005; Kadas, 2018; McCartney & Gibson, 2004; Stephens, 2002), algunos autores coinciden con la idea de presentar ambos modelos (discreto y continuo) de manera paralela para que los estudiantes generen una mejor comprensión de la ecuación logística.

El uso de herramientas tecnológicas es también una de las propuestas didácticas más mencionadas en los documentos analizados. Los autores de estos documentos afirman que el conocimiento de recursos tecnológicos refrenda los conocimientos analíticos adquiridos en el aula y da ventaja en la educación (Espinosa & Saavedra, 2013; Fernández & Geist, 2011; Hamilton, 2005; Kucharavy & De Guio, 2011; Pereira & Conceição, 2013; Valero & Lezama, 2020; Winkel, 2011). Otro tipo de propuesta son las que atienden a una dificultad específica, tal es el caso de utilizar Distintas Representaciones del concepto para la mejora de su aprendizaje. Estas representaciones datan de la representación experimental, numérica, simbólica, gráfica, visual y verbal (Couoh-Noh & Cabañas, 2013; Espinosa & Saavedra, 2013; García, 2017; Gordon, 2008; Roth & Bowen, 2001;

Díaz et al., 2019).

En la [Figura 4b](#) se muestra un ejemplo de los códigos referentes a las propuestas didácticas PDEDC, PDHT y PDDR.

Figura 4a Código PDMM **4b** Códigos PDHT, PDDR, PDEDC

4a

Abstract: Mathematical modelling is an important part of Higher 3 Mathematics, a new mathematics syllabus for pre-University students under the GCE Advanced level curriculum in Singapore. In this paper, how technology may be exploited to facilitate learning and investigation of certain key concepts in the topic is discussed. Examples such as the logistic equation and modelling of epidemics are presented in some detail. Some implications on its impact in the classroom are also discussed.

4b

Como ejemplo de lo anteriormente dicho, se propuso explorar la ecuación logística de Pierre Verhulst (1804-1849), con el uso del software Winplot; construyendo tres representaciones de la ecuación logística como lo son: el gráfico de puntos, el gráfico de órbitas y tabla de valores. Esto con el fin de lograr percibir las relaciones entre las tres representaciones; también observar cómo dicha ecuación modela la evolución de una población al pasar del tiempo, si la evolución de la población es o no predecible y finalmente lograr percibir algunos indicios de la relación entre el orden y el caos con el cambio de algunos parámetros iniciales de la ecuación logística.

Nota: Tomado de [Ang \(2006\)](#) y [Espinosa y Saavedra \(2013\)](#).

De la misma forma, en los documentos se expresa que los estudiantes presentan dificultades en el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales debido a que no tienen bien fundamentados los conocimientos previos requeridos para ello, también se propone introducir paulatinamente estos conocimientos de manera intradisciplinar pasando desde el precálculo, matemáticas discretas, hasta el cálculo y las ecuaciones diferenciales ([Barquero et al., 2007](#); [Ekici & Plyley, 2019](#)). (Ver [Figura 5a](#)).

Existen distintos marcos teóricos que se encontraron en los documentos con

los que se han abordado los elementos que caracterizan a la ecuación logística como concepto y como modelo matemático: teoría APOE, para la descripción detallada del concepto matemático y mejora de su comprensión (Vargas et al., 2020), recorridos de estudio e Investigación (REI) colocando a la ecuación logística como centro en una situación problema y resolviendo la problemática como parte de la reconstrucción de las matemáticas (Barquero et al., 2007), y la teoría de los registros de representación semiótica, analizando como se transforman las representaciones de esta ecuación y su incidencia en la comprensión (Cough-Noh & Cabañas, 2013; Espinosa & Saavedra, 2013; Roth & Bowen, 2001). (Ver Figura 5b).

Figura 5a Código PDTI **5b** Código PDMT

- 5a Adopting a balanced practice with both discrete and continuous methods, we developed inquiry based learning modules on growth modeling as a thread across precalculus, discrete mathematics, and calculus, differential equations while students learn ideas like rates of change, differentiation, initial value problems, and integration [6]. In our pre-
- 5b cación de las características propias de la ecuación diferencial logística, sobre lo cual trata este capítulo. Posterior a esta caracterización se elaboró el diseño de la descomposición genética, la cual describe las construcciones mentales y mecanismos de construcción que un estudiante realiza para comprender la ecuación diferencial logística. En la quinta y última etapa se configuran situaciones y preguntas que permiten detectar las construcciones mentales y los mecanismos de

Nota: Tomado de Ekici y Plyley (2019) y Vargas et al. (2020).

Aplicabilidad de la ecuación logística

La aplicabilidad de la ecuación logística es muy rica debido a que esta fue formada en sí misma como un modelo matemático. En los documentos analizados se pudieron constatar las distintas áreas donde se aplica dicha ecuación. En las áreas de biología, agrobiología y medicina, por ejemplo, se presentan modelos matemáticos aplicados en la propagación de enfermedades como el ébola, COVID-19, SARS, así como en modelos de cultivo de bacterias como la *Escherichia Coli* (Ang, 2004; Cough-Noh & Cabañas, 2013; Gualano et al., 2017; Valero & Lezama,

2020).

Los modelos matemáticos concernientes a Ecología y Agropecuaria son aquellos que tratan sobre la dinámica de poblaciones de animales y plantas, por ejemplo, las especies en peligro de extinción, el aprovechamiento de recursos y la sobrepoblación (Castillo-Garsow, 2010; Couoh-Noh & Cabañas, 2013; García, 2017; Scott, 2000; Ulloa et al., 2013; Winkel, 2011). Sin embargo, los modelos sobre el crecimiento de la población y la sobrepoblación humana son los dados en las áreas de Demografía, Estadística y Sociología. En la Figura 6a se muestra un ejemplo de los códigos referentes a la aplicabilidad de la ecuación logística ABAM, AEA y ADES.

Respecto a las aplicaciones en Economía y Ciencias Empresariales se observan modelos sobre la difusión de la tecnología y la venta de productos como la representación de la oferta, demanda y competencia (Hamilton, 2005). (Ver Figura 6b).

Referente al uso de la ecuación logística en el área de Matemáticas, esta se estudia de manera más abstracta como un sistema dinámico discreto, y se usa en el estudio de iteraciones sucesivas, así también en la construcción misma del concepto de ecuación diferencial y los elementos que la conforman en base a sus características y propiedades. (Ver Figura 6c).

Figura 6a Códigos ABAM, AEA, ADES **6b** Código AECE **6c** Código AM

- 6a** involucran a la función logística. Ésta es una función matemática que aparece en diversos modelos de crecimiento de poblaciones, propagación de enfermedades epidémicas y difusión en redes sociales. La función logística simple se define mediante la fórmula $P(t) = \frac{1}{1+e^{-t}}$, donde la variable P puede ser considerada como población, donde e es la constante de Euler y la variable t puede ser considerada el tiempo.

- 6b Not only in research, but also in the everyday world of politics and economics, we would be better off if more people realised that simple nonlinear systems do not necessarily possess simple dynamical properties.
- 6c the whole story. With continuous models, students can practice solving ODE's explicitly, compare qualitative analysis with explicit solution methods, and consider the challenges of fitting curves and estimating parameters from data – all pertinent and important topics to address in the ODE course. In addition, this is also an ideal moment to ex-

Nota: Tomado de [Couoh-Noh y Cabañas \(2013\)](#), [Hamilton \(2005\)](#) y [Kadas \(2018\)](#).

Conclusión

De los documentos analizados se puede concluir que, aunque las dificultades en la enseñanza-aprendizaje asociadas a la ecuación logística han sido tratadas, todavía éstas se siguen presentando tanto en profesores, profesores en formación y estudiantes. Dichas dificultades se dan en el uso de distintas representaciones, al realizar la conexión entre los contextos del mundo real y su representación matemática, al resolver ecuaciones diferenciales de manera explícita, al intercambiar información interdisciplinar relacionadas con el modelo logístico y en la comprensión del concepto ecuación logística, ecuación diferencial y conocimientos previos. Estas dificultades han sido atendidas con diferentes propuestas didácticas como la utilización de diferentes enfoques discreto y continuo, y el uso de marcos teóricos como la teoría APOE, los REI y la Teoría de los registros de representación semiótica, así como el incluir situaciones problema a fin de utilizar distintas representaciones: Experimental, Numérica, Simbólica, Gráfica, Visual y Verbal. De las propuestas más frecuentes que inciden en la enseñanza-aprendizaje de la ecuación logística, según esta revisión es: el uso de herramientas tecnológicas (tecnologías digitales), softwares tales como EXCEL, Mathematica, F-tool/F-logistic, Geogebra, Winplot, SLAC, M&M, Mapple, incluso Videos de youtube y

Calculadoras-Graficadoras Científicas; y el uso de la Modelación Matemática. Esta última justificada por la aplicabilidad de la ecuación logística vista como Modelo Logístico en distintas disciplinas tales como: Biología, Agrobiotecnología, Medicina, Ecología, Agropecuaria, Economía, Ciencias Empresariales, Demografía, Estadística, Sociología, y Matemáticas.

Además de lo señalado, la revisión de los documentos nos dio información adicional, focos de atención como la diversidad de niveles educativos en donde se desarrollan temas relacionados con la ecuación logística, datan de nivel básico (secundaria), medio superior (bachillerato) y superior (universitario). Aunque, por su naturaleza de Ecuación Diferencial Ordinaria es mayormente estudiada en el nivel universitario, algunos autores hacen hincapié en que los conocimientos encaminados para la comprensión de ésta deberían introducirse en niveles anteriores como secundaria y bachillerato a través de la graficación de la función logística.

Otro foco de atención es el estudio de conceptos matemáticos relacionados con la ecuación logística, los cuales forman parte fundamental en la mejora de su comprensión. Conceptos como: función, límite, sucesión, convergencia, concavidad, razón de cambio, derivada, puntos críticos, integral, ecuación diferencial y solución de una ecuación diferencial deben estar conectados tanto conceptual como procedimentalmente.

Un aspecto de los más estudiados en investigaciones sobre la ecuación logística es la estimación de parámetros. Investigaciones centradas en la modelación utilizan la estimación para determinar el valor aproximado del parámetro que da mejor precisión al modelo, ya que tener el valor adecuado del parámetro en estudio determina un mejor ajuste de la realidad del problema a modelar. En el estudio de la dinámica discreta de la ecuación logística, el caos, tiene un papel importante, ya que existen ciertos valores de los parámetros que dan lugar al comportamiento caótico lo que acapara el interés de los estudiantes.

Al realizar esta revisión sistemática, nos dimos cuenta de que no existe en la

literatura alguna otra revisión que trate sobre la ecuación logística, muchos trabajos se han realizado en torno a ella, pero pocos se han dado a la tarea de hacer el análisis de una recopilación como el aquí presentado. El método utilizado para tal fin, el análisis cualitativo de texto de Kuckartz (2019), nos ha permitido cuantificar y analizar los documentos en el periodo de tiempo determinado, y se observa que la cantidad de ellos es relativamente poca en el área de la matemática educativa, sí, existen muchos que hablen de la ecuación logística, pero casi nada desde el punto de vista de la enseñanza, por lo que como trabajo a futuro se pretende robustecer la información referente a dicha ecuación es esta área.

A partir de este análisis se puede concluir que, aun cuando la ecuación logística y sus temas relacionados han sido estudiados en diversos niveles educativos a través de múltiples propuestas didácticas, se siguen presentando dificultades importantes referentes en la enseñanza-aprendizaje de la misma. Por lo que, el reconocer estas dificultades y las propuestas didácticas realizadas en pro de disminuirlas, invitan a realizar innovaciones educativas para la mejora sobre la enseñanza-aprendizaje de la ecuación logística en el aula. Considerando su aplicabilidad en diversas disciplinas recomendamos que, dada la naturaleza de la ecuación logística, la modelación matemática es una de las principales estrategias metodológicas de aprendizaje de esta ecuación y sus conceptos relacionados.

Referencias (Las referencias marcadas con * señalan los estudios incluidos en el análisis)

*Ang, K. C. (2004). A simple model for a SARS epidemic. *Teaching Mathematics and Its Applications: An International Journal of the IMA*, 23(4), 181-188.
<https://doi.org/10.1093/teamat/23.4.181>

*Ang, K. C. (2006). Mathematical modelling, technology and H3 mathematics. *The Mathematics Educator*, 9(2), 33-47.
https://math.nie.edu.sg/ame/matheduc/tme/tmeV9_2/Ang%20KC.pdf

- *Barquero, B., Bosch, M., & Gascón, J. (2007). La modelización matemática como instrumento de articulación de las matemáticas del primer ciclo universitario de ciencias. Estudio de la dinámica de poblaciones. En L. Ruiz, A. Estepa & F. Muela (Eds.), *Sociedad, escuela y matemáticas: aportaciones de la teoría antropológica de lo didáctico* (pp. 573-594). UJa. Editorial. https://www.academia.edu/24323370/La_modelizaci%C3%B3n_matem%C3%A1tica_como_instrumento_de_articulaci%C3%B3n_de_las_matem%C3%A1ticas_del_primer_ciclo_universitario_de_Ciencias_Estudio_de_la_din%C3%A1mica_de_poblaciones
- *Bejarano, C. A. (2005). Modelos de simulación para el estudio del crecimiento poblacional exponencial. *Epsilon*, 1(4), 69-81. <https://ciencia.lasalle.edu.co/ep/vol1/iss4/23/>
- *Biembengut, M. (2012). Concepções e Tendências de Modelagem Matemática na Educação Brasileira. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, 10, 195-204. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cifem/article/view/10569/10006>
- *Castillo-Garsow, C. (2010). *Teaching the Verhulst Model: A Teaching Experiment in Covariational Reasoning and Exponential Growth* [tesis doctoral]. Arizona State University. <https://www.proquest.com/openview/0fc4df1fb351865d64104ad5b917c8db/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750>
- *Cough-Noh, J. R. & Cabañas, S. M. G. (2013). Un estudio del límite al infinito en el nivel superior bajo el contexto de la resolución de problemas que involucran la función logística. En L. Sosa, J. Hernández y E. Aparicio (Eds.), *Memoria de la XVI Escuela de Invierno en Matemática Educativa* (pp. 316-323). Red de Cimates. <https://core.ac.uk/download/pdf/322888113.pdf>
- *Díaz, E. C., Highlander, H. C., Dahlquist, K. D., Ledder, G., LaMar, M. D., & Schugart, R. C. (2019). A “Rule-of-Five” Framework

- for Models and Modeling to Unify Mathematicians and Biologists and Improve Student Learning. *Primus*, 29(8), 799-829. <https://doi.org/10.1080/10511970.2018.1489318>
- *Ekici, C. & Plyley, C. (2019). Inquiry-Based Modeling of Population Dynamics with Logistic Differential and Difference Equations. *Primus*, 29(6), 553-570. <https://doi.org/10.1080/10511970.2018.1484399>
- *Espinosa, Y. A. & Saavedra, J. F. (2013). Aprendiendo Winplot para la exploración de la ecuación logística. *Revista EJES*, 1(1), 64-70. <http://funes.uniandes.edu.co/10233/>
- *Fernández, E. & Geist, K. A. (2011). Flower Power: Sunflowers as a Model for Logistic Growth. *The Mathematics Teacher*, 104(8), 580-585. <https://doi.org/10.5951/MT.104.8.0580>
- *García, L. G. S. (2017). *Modelización de las experiencias de enseñanza y aprendizaje del curso diseño de la forma en el espacio estructural* [tesis doctoral]. Universitat Autònoma de Barcelona. Repositorio TDX. <http://hdl.handle.net/10803/406127>
- *Gordon, S. P. (2008). Comparing the discrete and continuous logistic models. *Primus*, 18(5), 449-455. <https://doi.org/10.1080/10511970701884566>
- *Gordon, S. P. (2009). Modeling Population Growth and Extinction. *Primus*, 19(6), 548-560. <https://doi.org/10.1080/10511970801953212>
- *Gualano, L., Graieb, A., Baragatti, E. E., & Andrini, L. R. (2017). Matemáticas y crecimiento bacteriano: un trabajo de laboratorio para el aprendizaje significativo. En Facultad de Ciencias Exactas. (Eds.), *1ra Jornadas sobre enseñanza y aprendizaje en el nivel superior en ciencias exactas y naturales* (pp.1-8). Facultad de Ciencias Exactas UNLP. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/76014>

Guirao, G. S. J. A. (2015). Utilidad y tipos de revisión de literatura. *Ene*, 9(2), 1-17.
<https://dx.doi.org/10.4321/S1988-348X2015000200002>

Habre, S. (2000). Exploring students' strategies to solve ordinary differential equations in a reformed setting. *Journal of Mathematical Behavior*, 18(4), 455-472. [https://doi.org/10.1016/S0732-3123\(00\)00024-9](https://doi.org/10.1016/S0732-3123(00)00024-9)

*Hamilton, A. J. (2005). SLAC: A Tool for Addressing Chaos in the Ecology Classroom. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 36(5), 489-496.
<https://doi.org/10.1080/00207390412331336247>

*Kadas, Z. (2018). Discrete Population Models: Why They Belong in a Differential Equations Course. *Primus*, 28(8), 785-796.
<https://doi.org/10.1080/10511970.2018.1443532>

*Kucharavy, D. & De Guio, R. (2011). Application of S-shaped curves. *Procedia Engineering*, 9, 559-572. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.03.142>

Kuckartz, U. (2019). Qualitative text analysis: A systematic approach. En G. Kaiser y N. Presmeg (Eds.). *Compendium for early career researchers in mathematics education* (pp. 181-197). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15636-7>

*McCartney, M. & Gibson, S. (2004). On the Road to Chaos. *Teaching Mathematics and Its Applications: An International Journal of the IMA*, 23(2), 89-96.
<https://doi.org/10.1093/teamat/23.2.89>

Medina, M. J., Cortés, C. M., Cortés, I. M, Pérez, F. A., & Manzano, C. M. (2020). Estudio sobre modelos predictivos para la COVID-19 en Cuba. *Medisur*, 18(3), 431-442. <https://www.medigraphic.com/pdfs/medisur/msu-2020/msu203n.pdf>

*Oropesa, C. A., Cortez, R., & Been, A. B. (2018). The Emergence of Mathematical

Modeling Competencies: An Investigation of Prospective Secondary Mathematics Teachers. *Mathematical Thinking and Learning*, 20(3), 202-221. <https://doi.org/10.1080/10986065.2018.1474532>

*Parra, E., Gordillo, W., & Pinzón, W. J. (2019). Modelos de Crecimiento Poblacional: Enseñanza-Aprendizaje desde las Ecuaciones Recursivas. *Formación Universitaria*, 12(1), 25-34. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062019000100025>

Pelinovsky, E., Kurkin, A., Kurkina, O., Kokoulina, M., & Epifanova, A. (2020). Logistic equation and COVID-19. *Chaos, Solitons & Fractals*, 140, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110241>

*Pereira, J. C. & Conceição, A. C. (2013). F.Tool 2.0: Exploring the Logistic Function in the Classroom. En A. Loja, J. Infante & J. Rodrigues (Eds.), *1st International Conference on Algebraic and Symbolic Computation. ECCOMAS* (pp.149-158). APMTAC. https://www.researchgate.net/publication/259558512_FTool_20_Exploring_the_Logistic_Function_in_the_Classroom

Rasmussen, C. (2001). New directions in differential equations: A framework for interpreting students' understandings and difficulties. *Journal of Mathematical Behavior*, 20(1), 55-87. [https://doi.org/10.1016/S0732-3123\(01\)00062-1](https://doi.org/10.1016/S0732-3123(01)00062-1)

*Rodríguez, J. & Ulloa, J. (2017). Alternativa didáctica para el estudio del modelo Gompertz. *Investigación e Innovación en Matemática Educativa*, 2(1), 98-114. <https://revistaiime.org/index.php/IIME/article/view/46/18>

*Rotem, SH. & Ayalon, M. (2021). Exploring Israeli high school graduates' explanations for the spread of the coronavirus. *Educational Studies in Mathematics*, 108(1), 161-181. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10042-3>

*Roth, W. M. & Bowen, G. M. (2001). Professionals read graphs: A semiotic

analysis. *Journal for Research in mathematics Education*, 32(2), 159-194.
<https://doi.org/10.2307/749672>

*Scott, P. (2000). Populate or Perish: Logo and the Logistic Equation. *Mathematics in School*, 29(3), 14-16. <https://www.jstor.org/stable/30212339>

*Soon, W., Tirtasanjaya, L. L., & McInnes, B. (2011). Understanding the difficulties faced by engineering undergraduates in learning mathematical modelling. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 42(8), 1023-1039. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2011.573867>

*Stephan, M. & Rasmussen, C. (2002). Classroom mathematical practices in differential equations. *The Journal of Mathematical Behavior*, 21(4), 459-490.
[https://doi.org/10.1016/S0732-3123\(02\)00145-1](https://doi.org/10.1016/S0732-3123(02)00145-1)

*Stephens, G. P. (2002). Teaching the Logistic Function in High School. *The Mathematics Teacher*, 95(4), 286-294. <https://doi.org/10.5951/MT.95.4.0286>

Tene, T., Guevara, M., Svozilík, J., Tene-Fernandez, R., & Gomez, C. V. (2021). Analysis of COVID-19 Outbreak in Ecuador Using the Logistic Model. *Emerging Science Journal*, 5, 105-118. <http://dx.doi.org/10.28991/esj-2021-SPER-09>

*Ulloa, I. J., Arrieta, J., & Espino, F. G. A. (2013). El modelo logístico y su deconstrucción. En R. Flores (Ed.). *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* (pp. 717-724). Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
<http://funes.uniandes.edu.co/4106/>

*Valero, C. M. A. & Lezama, A. F. J. (2020). Una experiencia didáctica con estudiantes de bachillerato en torno a la modelación de los datos del COVID19 en México. *El cálculo y su Enseñanza. Enseñanza de la Ciencia y la Matemática*, 15(1), 1-19. <https://doi.org/10.61174/recacym.v15i1.57>

*Vargas, H. J., Chaves, E. R. F., Rodríguez, V. F. M., & Jaimes, C. L. A. (2020). Una

caracterización de la ecuación diferencial logística para el estudio de su comprensión en estudiantes universitarios. En P. J. A. Blanco (Ed.), *Diario de campo: Resultados del desarrollo de métodos y técnicas de investigación* (pp. 211-232). Sello editorial Unicolmayor.

Williams, S. R. & Leatham, K. R. (2017). Journal Quality in Mathematics Education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 48(4), 369-396. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.48.4.0369>

*Winkel, B. J. (2011). Parameter Estimates in Differential Equation Models for Population Growth. *Primus*, 21(2), 101-129. <https://doi.org/10.1080/10511970.2010.534834>

*Winkel, B. J. (2012). Sourcing for Parameter Estimation and Study of Logistic Differential Equation. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 43(1), 67-83. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2011.582178>

Contribución de autores

Quilantán, I: Conceptualización, Metodología, Análisis de datos, Conclusiones, Escritura, Revisión, Edición **Rodríguez, F.:** Conceptualización, Metodología, Análisis de datos, Conclusiones, Escritura, Revisión, Edición.

Conflicto de intereses

Las autoras declaramos no tener conflictos de interes que puedan influir inapropiadamente en el desarrollo de esta investigación.

Este preprint fue presentado bajo las siguientes condiciones:

- Los autores declaran que son conscientes de que son los únicos responsables del contenido del preprint y que el depósito en SciELO Preprints no significa ningún compromiso por parte de SciELO, excepto su preservación y difusión.
- Los autores declaran que se obtuvieron los términos necesarios del consentimiento libre e informado de los participantes o pacientes en la investigación y se describen en el manuscrito, cuando corresponde.
- Los autores declaran que la preparación del manuscrito siguió las normas éticas de comunicación científica.
- Los autores declaran que los datos, las aplicaciones y otros contenidos subyacentes al manuscrito están referenciados.
- El manuscrito depositado está en formato PDF.
- Los autores declaran que la investigación que dio origen al manuscrito siguió buenas prácticas éticas y que las aprobaciones necesarias de los comités de ética de investigación, cuando corresponda, se describen en el manuscrito.
- Los autores declaran que una vez que un manuscrito es postado en el servidor SciELO Preprints, sólo puede ser retirado mediante solicitud a la Secretaría Editorial deSciELO Preprints, que publicará un aviso de retracción en su lugar.
- Los autores aceptan que el manuscrito aprobado esté disponible bajo licencia [Creative Commons CC-BY](#).
- El autor que presenta el manuscrito declara que las contribuciones de todos los autores y la declaración de conflicto de intereses se incluyen explícitamente y en secciones específicas del manuscrito.
- Los autores declaran que el manuscrito no fue depositado y/o previamente puesto a disposición en otro servidor de preprints o publicado en una revista.
- Si el manuscrito está siendo evaluado o siendo preparando para su publicación pero aún no ha sido publicado por una revista, los autores declaran que han recibido autorización de la revista para hacer este depósito.
- El autor que envía el manuscrito declara que todos los autores del mismo están de acuerdo con el envío a SciELO Preprints.