



ORIGINAL

Edublog for applications of linear differential equations, in Biology

Edublog para las aplicaciones de las ecuaciones diferenciales lineales, en Biología

Wendy Jaqueline García Reyes¹  , Armando Cervantes Sandoval¹  , Patricia Rivera García¹  , Alejandro Josué Perales Ávila¹  

¹Laboratorio de Aplicaciones Computacionales, FES Zaragoza, UNAM, México.

Citar como: García Reyes WJ, Cervantes Sandoval A, Rivera García P, Perales Ávila AJ. Edublog for applications of linear differential equations, in Biology. Gamification and Augmented Reality. 2025; 3:95. <https://doi.org/10.56294/gr202595>

Enviado: 17-03-2024

Revisado: 12-07-2024

Aceptado: 02-01-2025

Publicado: 03-01-2025

Editor: Adrián Alejandro Vitón-Castillo 

Autor para la correspondencia: Wendy Jaqueline García Reyes 

ABSTRACT

Considering the need for accessible and focused educational material in the ecological-biological area, the development of an edublog is presented to assist in the understanding and application of first-order linear differential equations (LDEs) in the mathematical modeling of ecological processes. It provides detailed explanations of concepts such as exponential growth and decay, logistic growth, Newton's law of cooling, and the mixing model, with step-by-step solutions to examples focused on biology, both typed and handwritten. The edublog is now available to students and is presented to a group of Mathematics II students from the Biology program at FES Zaragoza, who provide feedback after exploring each option on the menu. Subsequently, these students have used screenshots from the blog's examples in some of their presentations, indicating that the resource is proving useful. This blog is complemented by another one on integration techniques, with the same focus on showing step-by-step solutions to exercises, aiming to create a virtual learning environment on integral calculus and the applications.

Keywords: Virtual Learning Environment; Application of Linear Differential Equations; Mathematical Modeling; Ecological Processes; Biology; Edublog Prototype.

RESUMEN

Considerando la necesidad de contar con material didáctico accesible y enfocado al área ecológica- biológica, se presenta el desarrollo de un edublog para ayudar en la comprensión y aplicación de ecuaciones diferenciales lineales (EDL) de primer orden en la modelación matemática de procesos ecológicos. En él, se presentan explicaciones detalladas de conceptos como el crecimiento y decaimiento exponencial, crecimiento logístico, la ley de enfriamiento de Newton y el modelo de mezclas, desarrollando soluciones paso a paso de ejemplos enfocados a la Biología, mecanografiados y *a mano*. El edublog ya está a disposición de los alumnos y se les presentó a un grupo de estudiantes de Matemáticas II de la carrera de Biología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (FES Zaragoza), quienes ofrecieron retroalimentación tras explorar cada opción del menú. Posteriormente, estos alumnos han utilizado capturas de pantalla de los ejemplos del blog en algunas de sus presentaciones, lo que indica que el recurso está siendo de utilidad. Este blog se complementa con otro sobre técnicas de integración, con el mismo enfoque de mostrar la solución de ejercicios paso a paso, para conformar un entorno virtual de aprendizaje sobre cálculo integral y sus aplicaciones.

Palabras clave: Entorno Virtual de Aprendizaje; Aplicación de Ecuaciones Diferenciales Lineales; Modelización Matemática; Procesos Ecológicos; Biología; Prototipo Edublog.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los avances tecnológicos se han adaptado para apoyar de mejor manera a la educación, promoviendo la creación de nuevos espacios de aprendizaje. En estudios realizados como el de Vargas-Murillo (2021), se explica que la integración de estrategias pedagógicas y TIC es fundamental para crear escenarios interactivos que fomenten el aprendizaje; estas estrategias incluyen el uso de recursos multimedia.⁽¹⁾ A nivel universitario, el uso de herramientas tecnológicas como procesadores de texto, software de presentación y plataformas de videoconferencia, han demostrado ser esencial en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Los estudiantes no solo recurren a las herramientas institucionales, sino que también buscan aplicaciones que se adapten mejor a sus necesidades académicas.⁽²⁾ Un ejemplo de espacios dedicados al aprendizaje que implementan el uso de dichas tecnologías son los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA).

Los EVA han contribuido a mejorar la comunicación entre docentes y alumnos, mediante el uso de tecnologías de la información y comunicación. A través del diseño y gestión de estos entornos y el desarrollo de contenidos digitales, se ha notado una optimización en los procesos de enseñanza-aprendizaje, así como los aspectos tecnológicos en el rendimiento del entorno virtual.⁽³⁾

Luego entonces, un “entorno virtual de aprendizaje” se refiere a un espacio, medio o ambiente en la red, donde es posible establecer una comunicación e interacción entre los usuarios-alumnos y el docente.⁽⁴⁾

Un recurso que ha ganado popularidad en estos entornos es el blog educativo o edublog. Éste no solo permite la integración de múltiples recursos multimedia, sino que también facilita la interacción entre docentes, estudiantes y otros usuarios.⁽⁵⁾

Estos recursos se han introducido en clases de temas complicados como las matemáticas, desarrollando habilidades como la visualización, el análisis y el establecimiento de conjeturas. En el contexto de la Biología, a menudo los estudiantes se cuestionan la aplicabilidad de las matemáticas en contextos biológicos.⁽⁶⁾ A pesar de la evidencia dada por autores como en Beteta (2015), que sugiere que el uso de EVA en la enseñanza de matemáticas es eficaz, aún persiste la necesidad de recursos que aborden las aplicaciones específicas de estos conceptos en biología ya que material relacionado a temas como las Ecuaciones Diferenciales (ED) se enfoca principalmente en otras áreas como la ingeniería. Esto crea un vacío entre la teoría matemática y su aplicación en procesos ecológicos y ambientales, generando una brecha en el proceso de enseñanza-aprendizaje que debe ser atendida.

Es de importancia el aprendizaje de las Ecuaciones Diferenciales ya que son de utilidad para formular modelos matemáticos de procesos como el crecimiento poblacional, la dispersión de contaminantes o la dinámica de interacciones biológicas, entre otros. Sin embargo, estudios como el realizado por Chilongo M, Lezcano Rodríguez L y Gibert Benítez E. (2023), revelan diversos desafíos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las EDO, mencionando la desconexión disciplinaria como la falta de contextualización en las tareas y problemas a la especialidad del estudiante, dificultando la transferencia de conocimientos matemáticos a áreas que requieren competencias profesionales específicas; una propuesta para enfrentar este problema es la incorporación de uso de las TIC y contextualizar las EDO en campos de estudios de los alumnos.⁽⁷⁾

MÉTODO

Se realizó una recopilación de información teórica relacionada con los conceptos básicos necesarios para comprender las ecuaciones diferenciales y su aplicación en la modelación de procesos ecológicos. Se abarcaron los temas cálculo diferencial, cálculo integral y ecuaciones diferenciales en sí mismas, revisando artículos, libros y recursos en línea de uso libre. Se exploraron herramientas de inteligencia artificial para sintetizar y organizar parte de la información teórica, aunque su uso fue complementario al trabajo manual realizado en la creación del contenido didáctico.

A partir de esta base teórica, se procedió a redactar textos breves que explicaran los conceptos clave como el crecimiento y decaimiento exponencial, el crecimiento logístico, entre otros aplicados a la Ecología, mientras que en el área química fueron de interés, la ley de enfriamiento de Newton y modelos de mezcla. Además, se elaboraron guías paso a paso que describían cómo aplicar las ecuaciones diferenciales de primer orden en ejemplos enfocados en biología obtenidos de los autores Fogiel M, Arterburn DR, Research and Education Association; Saff EB, Snider; y Filio López E.^(8,9,10) Estas guías incluyeron ejercicios mecanografiados y dibujados a mano en la aplicación Pages, lo que permitió una mayor variedad en los formatos de presentación para mejorar la experiencia visual de los usuarios.

Con el material de apoyo listo, se pasó al desarrollo del prototipo de edublog utilizando la herramienta WordPress. Se añadió el material elaborado y se organizó el contenido en secciones temáticas dentro del menú de la plataforma WordPress para facilitar la navegación del usuario. Las soluciones de los ejercicios previamente elaborados fueron añadidos en sus respectivas secciones, tanto mecanografiado como en su versión digital manuscrita, para facilitar la comprensión y generar un atractivo visual que motive a su revisión.

El blog está disponible en el enlace: (<https://blogceta.zaragoza.unam.mx/vbioedo/>) a disposición de los

estudiantes de Matemáticas II de la carrera de Biología en la FES Zaragoza. Estos estudiantes exploraron el contenido y ofrecieron retroalimentación sobre la funcionalidad y claridad del material.

RESULTADOS

Aunque existe abundante material e información relacionado con el cálculo diferencial e integral, en el caso de la modelación matemática, la información abierta, específicamente orientada a biología es un tanto limitada. La mayoría de los recursos se centraban en áreas como la ingeniería o la química, lo que reforzó la necesidad de adaptar los ejemplos a un enfoque biológico.

A partir de la información obtenida se desarrollaron textos breves para explicar conceptos como el crecimiento y decaimiento exponencial, el crecimiento logístico, la ley de enfriamiento de Newton y los modelos de mezcla. Debido a que actualmente muchos estudiantes buscan obtener la información clave a la brevedad posible.

Estos textos fueron acompañados por guías paso a paso, en la búsqueda de ejemplos prácticos en libros, se encontraron ejercicios sobre los conceptos abarcados en los textos, no obstante, se seleccionaron aquellos ejemplos que tenían más relación con la ecología y la biología, para alinearlos con el objetivo del edublog. A partir de estos ejemplos, se desarrollaron las guías detalladas, mecanografiadas y en Word explicando cada paso en la resolución de los ejercicios. Dichos ejemplos fueron revisados por expertos en matemáticas, quienes proporcionaron observaciones que permitieron hacer correcciones y ajustes a los ejercicios, mejorando su precisión y claridad.

Con el fin de hacer las guías más visuales y atractivas para los estudiantes, se optó por integrar algunos ejemplos escritos a mano en una tableta, conectada a la computadora. Utilizando tanto Word como la aplicación Pages, se dibujaron las ecuaciones para darle dinamismo a las resoluciones y mejorar su presentación.

Solución:

Los datos que se tienen son

$$r_1 = 4 \text{ L/min}; \quad r_2 = 2 \text{ L/min}; \quad c_1 = 2 \text{ g/L}; \quad V(0) = 8 \text{ L}; \quad A(0) = 32 \text{ g}$$

Aplicando la ecuación (4), para los cambios en volumen se tiene.

$$\frac{dV}{dt} = r_1 - r_2 = 4 - 2 = 2$$

$$\int dV = (r_1 - r_2) \int dt \Rightarrow \int dV = 2 \int dt \Rightarrow V = 2t + C$$

Si se considera que $V_0 = 8$ entonces $V_0 = 2(0) + C \Rightarrow C = V_0 = 8$

$$V_t = 2t + 8 = 2(t + 4)$$

Figura 1. Modelo de mezclas mecanografiado y dibujado en tableta

Para el prototipo de edublog, se utilizó la herramienta WordPress, se le dio el título de “Aplicaciones de Ecuaciones Diferenciales”. Presenta un enfoque claro sobre la aplicación de ecuaciones diferenciales de primer orden en áreas relacionadas con Biología y Ecología. El contenido fue organizado en seis secciones las cuales fueron accesibles a través de un menú claro y funcional: Presentación, Crecimiento y Decaimiento, Ley de Enfriamiento, Modelo de Mezclas y Créditos.



Figura 2. Menú en el blog de “Aplicaciones de Ecuaciones Diferenciales”

A través de distintas secciones, el blog introduce los fundamentos teóricos de la modelación matemática y ofrece ejemplos paso a paso. A continuación, se detalla el contenido de las secciones principales:

Presentación: Introduce la modelación matemática como un proceso para representar fenómenos reales a través de ecuaciones. Con un enfoque en cálculo integral y EDL, se mencionan aplicaciones en áreas químico-biológicas como el crecimiento y decaimiento, la ley de enfriamiento, y el modelo de mezclas.

Crecimiento y Decaimiento: Explica los conceptos biológicos del crecimiento individual y poblacional, así como el decaimiento en términos ecológicos. Abarca tres subsecciones:

- Crecimiento Exponencial: Detalla cómo la tasa de crecimiento de una población es proporcional a su tamaño y muestra la expresión matemática. Se incluyeron dos subapartados: uno dedicado al desarrollo del modelo de crecimiento exponencial y otro con los enunciados de ejemplos junto con los enlaces que llevan a las guías de los ejercicios resueltos.
- Decaimiento Exponencial: Describe cómo la tasa de disminución es proporcional al tamaño de la población, mostrando su expresión matemática, incluyendo ejemplos con las soluciones paso a paso.
- Crecimiento Logístico: Explica cómo el crecimiento de una población se estabiliza debido a factores limitantes. Se analiza el comportamiento poblacional en relación con la capacidad de carga, con ejemplos detallados y soluciones al modelo.



El modelo exponencial describe un patrón de crecimiento en el cual la tasa de aumento es proporcional al tamaño actual de la población. Esto significa que la población aumenta a una tasa constante en relación con su tamaño actual, lo que resulta en un crecimiento rápido y sin limitaciones a lo largo del tiempo.

$$\frac{dy}{dt} = ry$$

El modelo exponencial se basa en varios supuestos ecológico-matemáticos que simplifican la representación del crecimiento de una población, algunos de estos supuestos son:

1. Los factores determinantes del crecimiento poblacional dependen de las tasas de natalidad y mortalidad, las cuales son independientes del tamaño de la población.
2. Los recursos del ambiente son inagotables.

Figura 3. Modelo de Crecimiento Exponencial en el edublog

Ley de Enfriamiento: Presenta la ecuación diferencial que describe el cambio de temperatura de un objeto en relación con su entorno. Se enfoca en aplicaciones biológicas y forenses, abarca 2 subsecciones:

- Ley de Newton: Muestra y explica su expresión matemática para predecir el enfriamiento, junto con la solución de la ecuación dada.
- Ejemplo Ley de Enfriamiento: Presenta el enunciado del ejemplo de ley de enfriamiento y el enlace para la guía con la solución paso a paso.



Un recipiente con agua hirviendo (100°C) se retira del fuego en el instante $t = 0$ y se deja enfriar en una habitación grande que se encuentra a una temperatura constante de 20°C . Sabiendo que pasados 5 minutos la temperatura del agua se ha enfriado hasta 80°C :

- Determinar la constante de proporcionalidad k .
- Determinar el tiempo que tardará el agua del recipiente en descender hasta una temperatura de 30°C .

Solución:

$$\frac{dT}{dt} = -K(T - T_a)$$

$$\frac{dT}{T - T_a} = -K dt$$

$$\int \frac{dT}{T - T_a} = -K \int dt$$

$$\ln(T - T_a) = -Kt + C$$

$$e^{\ln(T - T_a)} = e^{-Kt + C}$$

$$T - T_a = C e^{-Kt}$$

$$T = C e^{-Kt} + T_a$$

Ecuación diferencial por variable separable

- Un recipiente con agua hirviendo (100°C), $t = 0$.
- Se enfría a una temperatura constante de 20°C .
- Pasados 5 minutos la temperatura del agua se ha enfriado hasta 80°C .

Figura 4. Ejemplo, ley de enfriamiento

Modelo de Mezclas: Describe cómo dos o más sustancias se mezclan en diferentes contextos ecológicos, como la dispersión de contaminantes. Las 2 subsecciones cubren:

- Tipo de modelos: Muestra y explica la expresión matemática básica para modificarse para obtener el modelo de mezclas de dos componentes.
- Un Componente: Se explica la expresión matemática del modelo de un solo componente, utilizando una imagen explicativa de entrada y salida de una sustancia en un tanque. También se cuenta con soluciones detalladas y un ejemplo aplicado al modelo de un componente, aquí y en el ejemplo de Ley de enfriamiento se agregó el ejemplo con las ecuaciones dibujadas en tableta.

Créditos: Finalmente se agregó la sección donde se añadieron los nombres de los autores que contribuyeron en el desarrollo del edublog.

El edublog se presentó a un grupo de estudiantes de la asignatura de Matemáticas II de la carrera de Biología, explicando inicialmente su enfoque del cómo se pueden aplicar las ED en el contexto de la biología y posteriormente, la estructura del blog mediante un recorrido por el menú, indicando los temas principales en cada pestaña. De ahí se detalló cada sección del blog, comenzando con la parte teórica donde se explican las expresiones matemáticas de los modelos expuestos y sus formas variables. Finalmente, se revisaron las secciones donde vienen los ejercicios junto con los hipervínculos para acceder a las resoluciones paso a paso de cada uno, esto con el fin de que se entendiera la estructura del edublog.

Posteriormente los estudiantes ofrecieron retroalimentación sobre posibles mejoras: principalmente comentaron que se debían agregar más ejercicios con soluciones paso a paso. En total para el prototipo de

edublog se realizaron 6 ejercicios de crecimiento exponencial, 3 de decaimiento exponencial, 1 de ley de Newton y 1 de modelo de Mezclas de un componente. Tras recibir sus comentarios, se hicieron ajustes en la organización y presentación de la información.

El recurso ha sido aprovechado por los alumnos, ya que, en la exposición del tema de la Ley de Newton, se apreció que varios alumnos utilizaron capturas de pantalla de los ejemplos presentados en el blog como material de apoyo en sus propias presentaciones, lo que demuestra que el recurso está siendo utilizado para la comprensión y el aprendizaje de los conceptos.

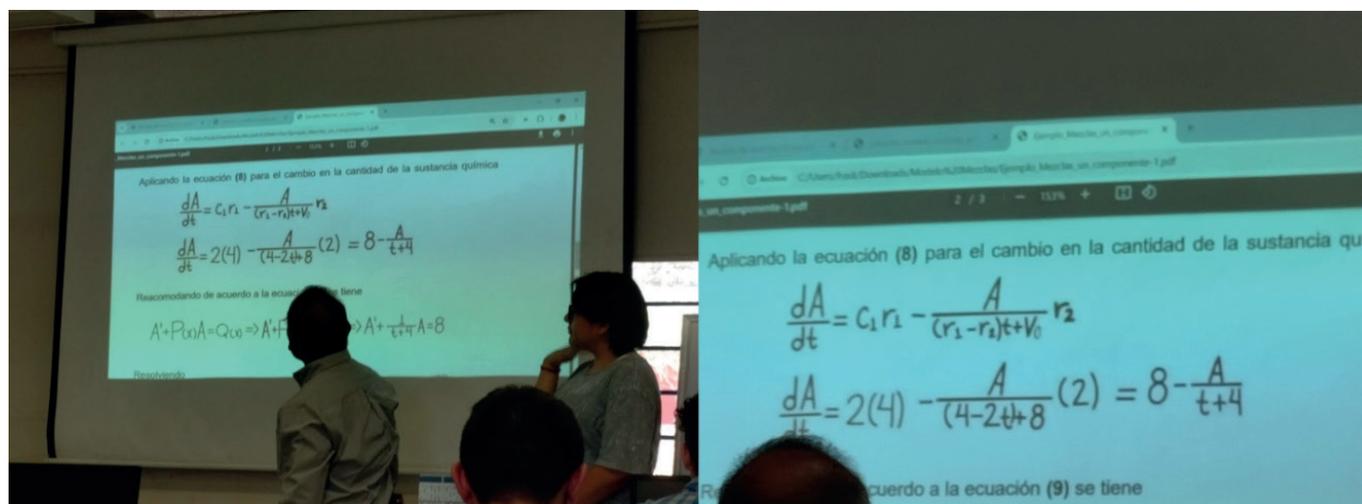


Figura 5. Presentación de los alumnos de Matemáticas II sobre ley de enfriamiento, donde se observan capturas de ejemplos dados en el edublog

DISCUSIÓN

Los resultados muestran avances no solo en el desarrollo de un prototipo de edublog dedicado a la aplicación de las EDL en procesos ecológicos, sino también en la conformación de un entorno virtual de aprendizaje más amplio. Este blog, se complementa con otro centrado en técnicas de integración (disponible en <https://blogceta.zaragoza.unam.mx/cintegral/>) y un aula virtual del curso de matemáticas II, generando material que promueve una comprensión de los conceptos matemáticos necesarios para la modelación matemática en biología y ecología. En conjunto estos recursos conforman un entorno virtual que cubre tanto el cálculo diferencial como el integral y con los ejemplos aplicados en biología y ecología ayuda a el aprendizaje autónomo de los estudiantes de Biología.

La implementación del prototipo del edublog permitió validar la utilidad del entorno virtual de aprendizaje. A través de la retroalimentación de los estudiantes, se pudo validar la efectividad del edublog, identificando áreas de mejora, como la incorporación de más ejercicios prácticos y la optimización de la presentación de algunos contenidos. La utilización de guías paso a paso resultó ser importante para fomentar el aprendizaje autónomo. Estas guías, revisadas y ajustadas con base en observaciones de expertos en matemáticas, aseguraron la precisión y claridad en los ejemplos resueltos. Así, la respuesta positiva de los estudiantes, que utilizaron material del blog en sus propias presentaciones, evidencia que el edublog no solo cubre una necesidad, sino que también tiene un impacto práctico en su formación académica. El hecho de que algunos alumnos hayan utilizado capturas de pantalla del edublog en sus propias presentaciones indica que el recurso es no solo útil, sino también aplicable en diferentes contextos académicos.

CONCLUSIONES

Se logró aportar al desarrollo de un entorno virtual de aprendizaje más amplio complementado con un segundo recurso sobre técnicas de integración, cubriendo el área de las aplicaciones de las ecuaciones diferenciales lineales, ayudando a la comprensión de los conceptos matemáticos aplicados en el ámbito biológico y ecológico, permitiendo a los estudiantes acceder a recursos didácticos de forma organizada y accesible.

La retroalimentación con los estudiantes del curso de matemáticas permitió identificar las áreas de mejora, tales como la incorporación de más ejercicios prácticos y la optimización de la presentación de algunos contenidos.

La utilidad del edublog se hizo evidente a través del uso directo de su material en presentaciones académicas por parte de los estudiantes. Esto sugiere que el blog no solo ayuda en el aprendizaje, sino que también motiva a los estudiantes a integrar lo aprendido en sus trabajos escolares referentes a la asignatura de matemáticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vargas-Murillo Gabino. Diseño y gestión de entornos virtuales de aprendizaje. Cuad. - Hosp. Clín. [Internet]. 2021 Jun [citado 2024 Sep 27]; 62(1): 80-87. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1652-67762021000100012&lng=es.

2. Molinero Bárcenas María del Carmen, Chávez Morales Ubaldo. Herramientas tecnológicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje en estudiantes de educación superior. RIDE. Rev. Iberoam. Investig. Desarro. Educ [revista en la Internet]. 2019 Dic [citado 2024 Sep 28]; 10(19): e005. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-74672019000200005&lng=es. Epub 15-Mayo-2020. <https://doi.org/10.23913/ride.v10i19.494>.

3. Pastora Alejo B, Fuentes Aparicio A. La planificación de estrategias de enseñanza en un entorno virtual de aprendizaje. Rev Científica UISRAEL. 2021;8(1):59-76. doi:10.35290/rcui.v8n1.2021.341.

4. Isela Aguilar Vargas LR, Otuyemi Rondero EO. Análisis documental: importancia de los entornos virtuales en los procesos educativos en el nivel superior. TCE [Internet]. 2 de septiembre de 2020 [citado 26 de septiembre de 2024];(17):57-7. Disponible en: <https://www.tecnologia-ciencia-educacion.com/index.php/TCE/article/view/485>

5. García Escorche AA. Aproximación al uso del BLOG como recurso de enseñanza y aprendizaje. Eduweb [Internet]. 19 de enero de 2008 [citado 28 de septiembre de 2024];2(1):89-101. Disponible en: <https://www.revistaeduweb.org/index.php/eduweb/article/view/143>

6. Beteta Salas MR. Entornos virtuales para el aprendizaje de las matemáticas: análisis de una propuesta con tecnologías para la enseñanza de la geometría en el Programa de los Años Intermedios del IB [Tesis]. Colegio Hiram Bingham; 2015. Disponible en: <https://www.ibo.org/es/research/research-resources/jeff-thompson-research-award-winners-studies/virtual-environments-for-learning-mathematics/>

7. Chilongo M, Lezcano RodríguezL, Gibert BenítezE. La enseñanza-aprendizaje de las ecuaciones diferenciales ordinarias en el Instituto Superior Politécnico de Moxico, Angola. rVar [Internet]. 16jun.2023 [citado 30sep.2024];(77). Available from: <http://revistas.ucpejv.edu.cu/index.php/rVar/article/view/2151>

8. Fogiel M, Arterburn DR, Research and Education Association. The Differential equations problem solver : a complete solution guide to any textbook / staff of Research and Education Association ; M. Fogiel, director ; special chapter reviews by David R. Arterburn [Internet]. REA; 2000 [cited 2024 Sep 30]. Available from: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=b7dae85a-cbf2-319c-80d7-575e44673d78>

9. Saff EB, Snider AD 1940-, coaut. Fundamentals of differential equations and boundary value problems / R. Kent Nagle, Edward B. Saff , Arthur David Snider [Internet]. Pearson/Addison Wesley; 2008 [cited 2024 Sep 30]. Available from: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=80a4420b-821e-3262-91ca-89d08a59d150>

10. Filio López E. Ecuaciones diferenciales / Isabel Carmona, Ernesto Filio López [Internet]. Addison Wesley; 2011 [cited 2024 Sep 30]. Available from: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=9316cbde-87c2-38fb-82c4-74ba14de6a38>

FINANCIACIÓN

Proyecto PAPIME PE212024, UNAM.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Wendy Jaqueline García Reyes, Armando Cervantes Sandoval, Patricia Rivera García, Alejandro J. Perales Ávila.

Curación de datos: Wendy Jaqueline García Reyes, Armando Cervantes Sandoval, Patricia Rivera García, Alejandro J. Perales Ávila.

Análisis formal: Wendy Jaqueline García Reyes, Armando Cervantes Sandoval, Patricia Rivera García, Alejandro J. Perales Ávila.

Investigación: Wendy Jaqueline García Reyes, Armando Cervantes Sandoval, Patricia Rivera García, Alejandro

J. Perales Ávila.

Metodología: Wendy Jaqueline García Reyes, Armando Cervantes Sandoval, Patricia Rivera García, Alejandro

J. Perales Ávila.

Administración del proyecto: Wendy Jaqueline García Reyes, Armando Cervantes Sandoval, Patricia Rivera García, Alejandro J. Perales Ávila.

Recursos: Wendy Jaqueline García Reyes, Armando Cervantes Sandoval, Patricia Rivera García, Alejandro J. Perales Ávila.

Software: Wendy Jaqueline García Reyes, Armando Cervantes Sandoval, Patricia Rivera García, Alejandro J. Perales Ávila.

Supervisión: Wendy Jaqueline García Reyes, Armando Cervantes Sandoval, Patricia Rivera García, Alejandro J. Perales Ávila.

Validación: Wendy Jaqueline García Reyes, Armando Cervantes Sandoval, Patricia Rivera García, Alejandro

J. Perales Ávila.

Visualización: Wendy Jaqueline García Reyes, Armando Cervantes Sandoval, Patricia Rivera García, Alejandro J. Perales Ávila.

Redacción - borrador original: Wendy Jaqueline García Reyes, Armando Cervantes Sandoval, Patricia Rivera García, Alejandro J. Perales Ávila.

Redacción - revisión y edición: Wendy Jaqueline García Reyes, Armando Cervantes Sandoval, Patricia Rivera García, Alejandro J. Perales Ávila.