

Desarrollo del conocimiento computacional en aplicaciones de la implicitización polinomial

Development of computational knowledge in applications of polynomial implicitization

O. D. Alaniz Martínez ^a, A. J. Canales Espinoza ^a, C. J. Herrera Castrillo ^a

^a Centro Universitario Regional de Estelí, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, 11001, Estelí, Nicaragua.

Resumen

Este artículo aborda y analiza el desarrollo del conocimiento computacional en las aplicaciones de implicitización polinomial y su impacto en la enseñanza y el aprendizaje del Álgebra. Se utiliza una metodología documental bibliográfica y se recopilan publicaciones relevantes desde 1950 hasta 2023. El estudio destaca la importancia del conocimiento computacional en áreas como el álgebra conmutativa, la geometría algebraica, la criptografía, el diseño asistido por computadora, la robótica y la visión por computadora. Se mencionan algoritmos de implicitización polinomial y técnicas de álgebra computacional para mejorar los métodos de cálculo y representación de conjuntos. Además, se resalta la integración de la tecnología en la educación matemática, utilizando computadoras, libros y juegos como herramientas para mejorar el aprendizaje computacional. Este estudio también señala que el desarrollo del conocimiento computacional en estudiantes complementa la enseñanza de aplicaciones de funciones polinomiales. En síntesis, se destaca la importancia de la informática y su aplicación en el aprendizaje de matemáticas, brindando ventajas para resolver problemas y adaptándose a los sistemas educativos actuales.

Palabras Clave: adaptación, conocimiento computacional, diseño asistido, Implicitización polinomial.

Abstract

This article addresses and analyzes the development of computational knowledge in polynomial implicitization applications and its impact on the teaching and learning of algebra. A bibliographic documentary methodology is used, and relevant publications from 1950 to 2023 are compiled. The study highlights the importance of computational knowledge in areas such as commutative algebra, algebraic geometry, cryptography, computer-aided design, robotics, and computer vision. It mentions polynomial implicitization algorithms and computational algebra techniques to improve methods of calculation and representation of sets. In addition, the integration of technology in mathematics education is highlighted, using computers, books, and games as tools to improve computational learning. This study also points out that the development of computational knowledge in students complements the teaching of polynomial function applications. In summary, the importance of computer science and its application in mathematics learning is highlighted, providing advantages for problem solving and adapting to current educational systems.

Keywords: adaptation, computational knowledge, aided design, polynomial implicitization.

1. Introducción

El desarrollo del conocimiento computacional ha revolucionado múltiples campos, desde el álgebra conmutativa hasta la visión por computadora. En el contexto educativo, especialmente en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, la integración de tecnologías y métodos

computacionales ha demostrado ser una herramienta poderosa para mejorar la comprensión y la aplicación práctica de conceptos complejos. Este trabajo aborda y analiza el estado del arte de las aplicaciones de implicitización polinomial en la enseñanza y el aprendizaje, destacando la necesidad de integrar estas tecnologías en el currículo educativo.

*Autor para la correspondencia: cliffor.herrera@unan.edu.ni

Correo electrónico: osmany.alaniz@gmail.com (Osmany David Alaniz Martínez), acanalesespinoza4@gmail.com (Ángela Julissa Canales Espinoza), cliffor.herrera@unan.edu.ni (Cliffor Jerry Herrera Castrillo).

Historial del manuscrito: recibido el 23/12/2024, última versión-revisada recibida el 15/07/2025, aceptado el 02/09/2025, en línea (postprint) desde el 12/09/2025, publicado el 05/01/2026. DOI: <https://doi.org/10.29057/icbi.v13i26.14408>



La implicitización polinomial y sus algoritmos asociados son cruciales en varias disciplinas como la geometría algebraica, la criptografía, el diseño asistido por computadora, la robótica y la visión por computadora (Herrera-Castrillo, 2023). A pesar de su relevancia, estos conceptos a menudo no se incorporan de manera efectiva en los programas educativos tradicionales. Esta revisión bibliográfica recopila y analiza publicaciones relevantes desde 1950 hasta 2023 para explorar la literatura existente sobre el conocimiento computacional en estas áreas y su potencial educativo.

El presente artículo tiene como objetivo analizar el desarrollo del conocimiento computacional en las aplicaciones de implicitización polinomial y su estado del arte en la enseñanza y aprendizaje, explorando cómo la integración de tecnologías como computadoras, libros interactivos y juegos puede complementar y enriquecer la enseñanza de aplicaciones de funciones polinomiales. En última instancia, este estudio busca proporcionar una visión comprensiva sobre cómo la informática puede ofrecer ventajas significativas para resolver problemas matemáticos y adaptarse a los sistemas educativos contemporáneos, alineándose con el objetivo de brindar una educación matemática más robusta y eficaz.

El pensamiento computacional se ha reconocido como una de las habilidades clave en el siglo XXI (Repenning et al., 2016; Tsarava, et al. 2019), ya que puede impulsar otras capacidades importantes como el pensamiento crítico y la resolución de problemas (López López., et al 2023; Acevedo Montenegro et al., 2024). Este pensamiento está vinculado a la formulación y solución de problemas, una competencia que abarca diversos tipos de procesos cognitivos, incluyendo la reducción, transformación, razonamiento compositivo, reconocimiento de patrones, pensamiento procedimental y recursivo. Se considera una habilidad esencial para todos, con una incidencia en múltiples disciplinas y profesiones, y no solo en las ciencias y la ingeniería (Wing, 2006, 2011).

Tanto el análisis lógico que nos ofrecen las computadoras que pueden llevar a cabo tareas de procesamiento de información de manera similar a como lo hace el cerebro humano y viceversa, también como el estudio del cerebro puede realizar nuevas formas de diseño computacional, así como indica Neumann (1958), teniendo límites y posibilidades del conocimiento computacional y la inteligencia artificial en relación con la capacidad humana.

Esto ha ido creciendo de la mano y en conjunto tanto el pensamiento computacional como la implicitización polinomial. Teniendo una gran importancia en el desarrollo de algoritmos para la reconstrucción y análisis de imágenes (Faugeras, 2001).

A partir de lo expuesto, se reconoce que el desarrollo del conocimiento computacional en los estudiantes resulta ser el complemento esencial para una enseñanza eficaz en las aplicaciones de implicitización de polinomios. En función de esto el problema que aborda el presente estudio, puede plantearse a través de la siguiente interrogante: ¿De qué

manera el saber de informática y su desarrollo, servirá como apoyo para enseñanza-aprendizaje de las aplicaciones de funciones polinomiales?

A partir de la problemática, es necesario proponer un poco más el desarrollo del conocimiento computacional a través de computadoras, libros que enseñen a respecto o, incluso, con juegos para jóvenes adultos, para la Enseñanza-Aprendizaje de la matemática.

Antecedentes teóricos

La implicitización es un concepto fundamental y juega un papel crucial en el pensamiento algebraico y computacional. Proporcionando una forma más compacta de describir estructuras matemáticas facilitando el análisis en el contexto de sistemas de ecuaciones. La reducción de dimensionalidad al transformar problemas paramétricos en problemas algebraicos, la implicitización reduce la dimensionalidad de los problemas, útil en aplicaciones prácticas donde la complejidad computacional es un factor importante y la aplicación en la resolución de sistemas polinomiales al eliminar variables o parámetros, esto es esencial en muchas aplicaciones, desde la geometría algebraica hasta la visión por computadora (Sturmfels, 2002).

Según Gallier (1999) la implicitización polinomial se refiere al proceso matemático de convertir una representación paramétrica de una curva o superficie en una forma implícita expresada mediante una ecuación polinomial, lo que facilita el análisis en diversas aplicaciones.

La implicitización polinomial puede aplicarse en diferentes áreas de estudio, ya sea en el álgebra conmutativa y geometría algebraica que son una salida para comprender los sistemas de ecuaciones polinomiales y las variedades algebraicas asociadas, teniendo la eliminación como técnica esencial para simplificar estos sistemas, usando bases de Gröbner (Cox David, 1992).

La implicitización ha sido implementada, con algoritmos que habitualmente producen además de fórmulas, estrategias de trabajo para la manipulación de expresiones de gran tamaño. Muestra cómo se pueden utilizar técnicas procedentes de la geometría algebraica computacional y álgebra computacional, para mejorar la eficacia de los métodos de cálculo y de representación de los conjuntos (Recio, 2008).

Además, Alcántara García (2023) señala que, en el contexto de la implicitización polinomial, las bases de Gröbner constituyen una herramienta esencial para la resolución de sistemas de ecuaciones, al facilitar la manipulación algebraica y el desarrollo de habilidades matemáticas. No obstante, este enfoque sigue siendo un tema poco explorado, lo que resalta la necesidad de crear más oportunidades de aprendizaje que fortalezcan el razonamiento computacional y la comprensión del álgebra.

En la actualidad, se ve cual ha sido la importancia del álgebra basada en algoritmos para manipular y resolver

problemas algebraicos de manera simbólica y que ha traído un nuevo mecanismo para aprender sobre implícitización polinomial. Así mismo evolucionando de manera significativa en el avance tecnológico, lo cual nos permite abordar y resolver problemas que hasta hace poco eran considerados inaccesibles.

Por su parte, Alsina y Acosta Inchaustegui (2018) consideran que el desarrollo del aprendizaje constituye un contenido intrínseco del álgebra y una forma de pensamiento que contribuye al fortalecimiento de las habilidades matemáticas, aunque sigue siendo una temática poco explorada. Esto subraya la importancia de generar oportunidades de aprendizaje que favorezcan la comprensión del álgebra a través del razonamiento computacional.

En esta misma línea, algunos recursos lúdicos también pueden fortalecer el razonamiento computacional. Por ejemplo, el Sudoku se presenta como un método de solución computacional aplicado a problemas matemáticos. Este es un excelente juego para desarrollar el pensamiento lógico e informático, ya que para potenciar estas habilidades es necesario contar con un razonamiento coherente. Por ende, resulta fundamental ser capaces de aplicar estrategias de resolución basadas en la tecnología (Luna Mendoza, 2015).

Para Villalba Zapata (2023), la resolución de sudokus puede abordarse mediante el desarrollo de aplicaciones en Java que integran implementaciones y algoritmos basados en las bases de Gröbner. Este enfoque permite modelar ambos problemas —tanto la resolución de sudokus como la formulación de sistemas de ecuaciones polinomiales— mediante un marco algebraico computacional, facilitando así su análisis y solución.

En la actualidad se hace uso de las computadoras en los procesos de aprendizaje. Lo cual permite una interacción sujeto-máquina y la adaptación de estas a las características educativas. Permitiendo comprender la importancia que adquiere la tecnología al momento de reflexionar sobre los entornos de aprendizaje, haciendo uso de un programa que posee funciones necesarias para realizar tareas de cálculo desde lo simple hasta lo más complejo de álgebra polinomial (Villalobos Salazar y Márquez Hernández, 2009)

Por otra parte, el desarrollo del conocimiento computacional está vinculado con los avances científicos y con la innovación educativa. Incorporando nuevas metodologías en el proceso de enseñanza aprendizaje, así mismo el pensamiento computacional evoluciona al desarrollar ideas vinculadas con la matemática, que se aplica en múltiples aspectos de nuestra vida cotidiana (Valverde Berrocoso et al., 2015),

2. Metodología

La realización de este artículo de revisión bibliográfica se sustentó en el paradigma cualitativo, teniendo como base las publicaciones de libros sobre el “Desarrollo del conocimiento computacional” y “aplicaciones de la implícitización

polinomial” publicados en Google Académico entre 1950 y 2023.

Google académico o Google Scholar, es un buscador enfocado en artículos científicos o académicos teniendo disponible más de 35 idiomas diferentes (Rios Rivera, 2023). Se decidió emplear este sitio web debido a la variedad de revistas, artículos o libros y a su fácil accesibilidad, lo cual permitió la recolección de estudios relevantes sobre el tema. Se revisaron tanto libros como artículos científicos, siguiendo los mismos criterios de inclusión y exclusión.

Entre los materiales revisados se incluyen libros editados especializados en álgebra computacional, artículos empíricos y de revisión, así como capítulos de libros académicos. La mayoría de ellos están en inglés y proceden de repositorios académicos como Springer, IEEE Xplore y Google Scholar.

La estrategia de búsqueda se aplicó mediante palabras clave relacionadas con los términos “conocimiento computacional”, obteniendo más de 10 páginas con 10 resultados pertinentes, y “Polynomial implicitization”, con resultados similares. Una vez recopilado un número significativo de publicaciones vinculadas a las variantes temáticas, los objetivos de la investigación y las normas establecidas, se realizó un análisis bibliométrico que permitió seleccionar aquellos trabajos científicos cuyos aportes se consideran valiosos y relevantes para el desarrollo de esta investigación.

Para los criterios de inclusión y exclusión dos autores leyeron independientemente los títulos, los resúmenes de los libros y artículos incluidos, y recolectaron independientemente las variables de interés. Teniendo el apoyo de un visor y las diferencias fueron resueltas por medio de opiniones y relación al tema.

El análisis se basó en la identificación de temas clave, conceptos recurrentes y aplicaciones prácticas, organizados en una matriz de síntesis cualitativa. No se aplicaron herramientas estadísticas ni conteos de palabras; se realizó una síntesis temática descriptiva. Se utilizó una codificación abierta inicial, seguida de agrupación temática por afinidad conceptual. Los textos fueron leídos por dos investigadores, quienes discutieron y triangulaban los hallazgos. No se utilizó software de análisis cualitativo, pero se elaboró una matriz descriptiva con los ejes temáticos identificados.

Se recolectaron por medio de búsqueda el nombre del artículo o libro, si fue encontrado en las primeras 3 páginas, se vio el año de publicación y que tan actualizado se diera el resultado, que no fuera muy ambiguo, pero si tuviera correlación con el tema principal. Separando los que estaban más relacionados a la psicología y teniendo como referencia el avance del desarrollo desde los inicios en computación, el comportamiento de la implícitización polinomial con la robótica y con el aprendizaje de la educación en la informática.

El número reducido de documentos responde a la naturaleza altamente especializada del tema y a la escasa producción científica identificada en los últimos años.

Para el análisis cualitativo, las variables ‘conocimiento computacional’ y ‘aplicaciones de implicitización polinomial’ fueron desglosadas en los siguientes ejes: a) definición conceptual, b) campos de aplicación, c) enfoques pedagógicos asociados, d) integración en currículo educativo, y e) recursos didácticos mencionados. Estos ejes permitieron sintetizar la información de manera estructurada, aunque no se aplicó un análisis estadístico cuantitativo, dado el carácter exploratorio del presente trabajo y la limitada cantidad de literatura disponible

3. Análisis y discusión de resultados

Se encontraron 80 publicaciones de artículos relacionados en Google Académico entre 1950 y 2023 que tuvieron entre sus temas principales el conocimiento computacional y Polynomial implicitization, entre los artículos o libros que se tomaron en cuenta 8 fueron relacionados netamente al conocimiento computacional y 5 sobre Polynomial implicitization, entre esos.

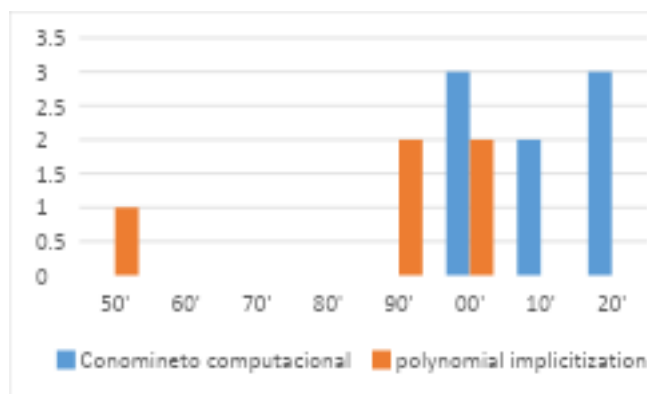


Figura 1. Publicaciones de 1950-2023

El presente estudio analiza el material bibliográfico disponible sobre el desarrollo del conocimiento computacional en las aplicaciones de implicitización polinomial, correspondiente al período comprendido entre 1950 y 2023. El análisis no se limitó a la simple recopilación de fuentes, sino que buscó explorar el estado del arte y la evolución de estas aplicaciones en contextos académicos y profesionales, así como su integración en el ámbito educativo, particularmente en la enseñanza de las matemáticas.

Se identificó un número reducido de publicaciones específicamente enfocadas en *Polynomial implicitization*, siendo la mayoría de ellas de origen extranjero y publicadas en lengua inglesa. Este hallazgo pone de manifiesto la escasa producción científica en español sobre la temática, lo que genera una brecha en la disponibilidad de recursos en nuestro idioma para su incorporación en programas de formación matemática.

Asimismo, el análisis de las publicaciones seleccionadas permitió evidenciar que el uso de algoritmos basados en la implicitización polinomial, como las bases de Gröbner, ha

tenido un impacto significativo en áreas como la geometría algebraica, el diseño asistido por computadora, la robótica y la visión por computadora. Sin embargo, su potencial como herramienta didáctica en el aprendizaje de conceptos algebraicos aún es poco explorado, especialmente en los niveles de educación media y superior.

Por otro lado, se constató que la integración de metodologías computacionales en la enseñanza de las matemáticas favorece el desarrollo del pensamiento lógico y la resolución de problemas complejos, competencias clave para enfrentar los retos del siglo XXI. No obstante, la limitada presencia de estas técnicas en los currículos actuales plantea la necesidad de impulsar investigaciones que articulen el conocimiento computacional con los enfoques pedagógicos contemporáneos.

Los hallazgos del estudio confirman que existe un amplio margen para fortalecer la investigación, el desarrollo de recursos didácticos y la formación docente en este campo. Promover el uso educativo de la implicitización polinomial y de otros métodos computacionales contribuiría a enriquecer la enseñanza del álgebra y a formar estudiantes con mayores capacidades analíticas y tecnológicas.

Nivel educativo	Objetivo didáctico	Actividad sugerida
Secundaria	Introducir noción de función polinómica	Juegos interactivos con gráficos
Bachillerato	Modelado con álgebra simbólica	Proyectos usando software de álgebra
Superior	Resolver sistemas con bases de Gröbner	Taller de resolución de problemas interdisciplinarios

Tabla 1. Ejemplos de actividades

El crecimiento de la tecnología con la implicitización polinomial no es reflejada en el número de artículos publicados. De manera que apenas 5 libros o artículos fueron escogidos en relación al tema principal.

4. Conclusiones

- Este estudio de revisión bibliográfica permitió identificar y sintetizar aportes relevantes en torno al desarrollo del conocimiento computacional y sus aplicaciones en la implicitización polinomial, abarcando publicaciones del periodo 1950–2023. Se constató que, a pesar de los avances tecnológicos en el campo, el volumen de literatura especializada sigue siendo limitado, particularmente en lengua española, y disperso en áreas de aplicación como la geometría algebraica, la robótica o el diseño asistido por computadora.
- El análisis mostró que si bien existen aportes teóricos y ejemplos de uso de algoritmos como las bases de Gröbner en contextos computacionales, no se encontraron evidencias suficientes sobre su incorporación sistemática en procesos de enseñanza-aprendizaje del álgebra o en la educación matemática formal. Tampoco fue posible identificar estudios que evalúen empíricamente el impacto del conocimiento computacional en el aprendizaje de funciones polinomiales, por lo que no se puede

responder de manera concluyente a la pregunta inicial del artículo: ¿de qué forma el saber de la informática y su desarrollo sirve como apoyo para la enseñanza-aprendizaje de las aplicaciones de funciones polinomiales?

- Asimismo, el enfoque bibliométrico empleado en el análisis fue limitado, ya que no se profundizó en patrones de evolución ni en la categorización de las temáticas revisadas, aspecto necesario para comprender mejor las tendencias del campo. Se reconoce, por tanto, la necesidad de realizar revisiones más sistemáticas y estudios empíricos que permitan explorar con mayor rigor el potencial educativo de estas herramientas y enfoques.
- En suma, el presente trabajo aporta una primera aproximación al estado del arte sobre el tema, al tiempo que señala vacíos de investigación que podrían guiar futuros estudios dirigidos a fortalecer la integración del conocimiento computacional en la enseñanza de las matemáticas.
- Se reconoce que el presente estudio no profundizó en un análisis estadístico sistemático ni en la categorización exhaustiva de subvariables, debido a las limitaciones del corpus bibliográfico disponible. Se plantea la necesidad de futuras investigaciones que aborden esta temática con un enfoque metodológico mixto y mayor profundidad analítica.

5. Perspectivas a futuro

- La investigación y desarrollo continuo en el campo de la implicitización polinomial y el conocimiento computacional ofrece numerosas oportunidades para seguir ampliando las habilidades y competencias adquiridas por los estudiantes. Estas habilidades serán cada vez más fundamentales en un mundo cada vez más dependiente de la tecnología, abriendo perspectivas prometedoras en diferentes áreas como la ciencia, la ingeniería, la criptografía y las aplicaciones en la vida diaria.
- Además, se identifica como una necesidad prioritaria la elaboración de ejemplos prácticos y actividades didácticas diferenciadas para los distintos niveles educativos. En el nivel de secundaria, se podrían diseñar actividades basadas en juegos interactivos y resolución de problemas cotidianos que introduzcan conceptos básicos de álgebra y pensamiento computacional. En bachillerato, ejemplos vinculados al modelado de fenómenos simples mediante funciones polinomiales y el uso de software matemático facilitarían la transición hacia un pensamiento más abstracto. Por su parte, en la educación superior, la integración de algoritmos avanzados, bases de Gröbner y aplicaciones en geometría algebraica y diseño asistido por computadora permitiría profundizar en el desarrollo del razonamiento lógico, la resolución de problemas

complejos y la comprensión de aplicaciones tecnológicas de alto nivel.

- Se espera que la continua evolución y aplicación práctica de estos conocimientos computacionales en la educación matemática permita a los estudiantes estar mejor preparados para los desafíos del futuro.

Propuestas didácticas para la articulación de la implicitización polinomial y el conocimiento computacional

Con base en los hallazgos de este estudio, se considera fundamental que futuras investigaciones y desarrollos curriculares incluyan propuestas didácticas concretas que permitan a los docentes integrar de manera efectiva la implicitización polinomial y el conocimiento computacional en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Dichas propuestas deben adaptarse a los distintos niveles educativos e incluir tanto ejercicios individuales como dinámicas grupales, que promuevan el razonamiento lógico, el trabajo colaborativo y el uso de herramientas tecnológicas.

En este sentido, se sugiere:

- El diseño de ejercicios guiados para el nivel secundario, enfocados en la comprensión de funciones polinomiales mediante representaciones gráficas interactivas, apoyadas en software educativo.
- La incorporación de proyectos de modelación en el nivel de bachillerato, donde los estudiantes puedan explorar aplicaciones de la implicitización en problemas reales, empleando entornos de programación o herramientas de álgebra computacional.
- El desarrollo de dinámicas grupales en educación superior, tales como talleres interdisciplinarios o laboratorios de resolución de problemas, que articulen el uso de algoritmos avanzados (por ejemplo, bases de Gröbner) con el análisis de casos prácticos provenientes de la ingeniería, la robótica o el diseño asistido por computadora.
- Estas estrategias contribuirían no solo a mejorar la comprensión conceptual de la implicitización polinomial, sino también a fortalecer las competencias computacionales y tecnológicas de los estudiantes, preparándolos para enfrentar los desafíos de un entorno académico y profesional en constante transformación.

6. Referencias

- Acevedo Montenegro, R. S., Blandón Vindell, C. J., Picado Castillo, C. D., Triminio-Zavala, C. M., & Herrera-Castrillo, C. J. (2024). Resolución de problemas con integrales para el estudio del

- principio de Arquímedes en física vectorial. *Revista Wani*, 40(80), 1-16. <https://doi.org/10.5377/wani.v40i80.17643>
- Alcántara García, D. I. (Julio de 2023). Bases de Gröbner. [Tesis de Grado]. Universidad de Cantabria. <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/29856/AlcantaraGarciaDavidIgnaci.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alsina, Á., & Acosta Inchaustegui, Y. (2018). Iniciación al álgebra en Educación Infantil a través del pensamiento computacional: una experiencia sobre patrones con robots educativos programables. *UNIÓN-Revista Iberoamericana De Educación Matemática*, 14(52), 4-18. <http://revistaunion.org/index.php/UNION/article/view/350>
- Cox David, L. J. (1992). *Ideals, Varieties, and Algorithms: An Introduction to Computational Algebraic Geometry and commutative Algebra [Ideales, Varietas y Algoritmos: Una introducción a la geometría algebraica computacional y al álgebra conmutativa]*. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-16721-3>
- Faugeras, O.-T. (2001). *The Geometric of Multiple The Laws That Govern The Formation of Multiple images of a scene and some of their Applications*. MIT Press.
- Gallier, J. (1999). *Caves and Surfaces in Geometric Modeling Theorems and Algorithms [Cuevas y superficies en el modelado geométrico Theorems y algoritmos]*. San Francisco, California: Morgan Kaufmann.
- Herrera-Castrillo, C. J. (2023). Aplicaciones del Lenguaje de Categorías en diferentes actividades científicas y tecnológicas. *Ciencia e Interculturalidad*, 33(2), 187-204. <https://doi.org/10.5377/rci.v33i2.17723>
- López López, L. J., Rivera Díaz, R. E., Carrasco Sánchez, S. d., Medina Martínez, W. I., & Herrera Castrillo, C. J. (2023). Aplicaciones del cálculo integral en la compresibilidad de fluidos en un campo vectorial. *Revista Ciencia E Interculturalidad*, 32(1), 23-42. <https://doi.org/10.5377/rci.v32i01.16232>
- Luna Mendoza, J. A. (2015). *Programación de Computadores, Proyecto de Autoestudio "Sudoku Java"*. Obtenido de programación de computadores, proyecto de Autoestudio: https://www.researchgate.net/publication/294428576_Programacion_de_Computadores_Proyecto_de_Autoestudio_Sudoku_Java
- Neumann, J. V. (1958). *The computer and the Brain [El ordenador y el cerebro]*. Yale University press.
- Recio, T. (2008). La columna de matemática computacional. *La Gaceta de la RSME*, 11(2), 317-336. Obtenido de http://dmle.icmat.es/pdf/GACETARSME_2008_11_1_02.pdf
- Repenning, A., Basawapatna, A., & Escherle, N. (2016). Computational thinking tools [Herramientas de pensamiento computacional]. *IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC)*, 218-222. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/7739688>
- Rios Rivera, I. (28 de 01 de 2023). *El economista*. Obtenido de <https://www.eleconomista.com.mx/tecnologia/3-cosas-que-debes-saber-sobre-Google-Academico-20230128-0005.html>
- Sturmfels, B. (2002). *Solving Systems of Polynomial Equations [Resolución de sistemas de ecuaciones polinómicas]*. California: CBMS. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ULtVBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Solving+Systems+of+Polynomial+Equations&ots=6QjK9jVAyh&sig=z840h4tnFOA84F_wfwR4EuIvUOA
- Tsarava, K., Leifheit, L., Ninaus, M., Román-González, M., Butz, M., Golle, J., . . . Moeller, K. (2016). Cognitive correlates of computational thinking: Evaluation of a blended unplugged/Plugged-in course [Correlatos cognitivos del pensamiento computacional Evaluación de un curso combinado de aprendizaje en línea y desconectado]. *Conferencia: 14º Taller de Educación Informática Primaria y Secundaria (WiPSCE 2019)En: Glasgow, Escocia, Reino Unido*, 1-9. <https://doi.org/10.1145/3361721.3361729>
- Valverde Berrocoso, J., Fernández Sánchez, M. R., & Garrido Arroyo, M. d. (2015). El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje. *Revista De Educacion a Distancia (RED)*(30), 4-18. <https://revistas.um.es/red/article/view/240311>
- Villalba Zapata, M. (06 de 07 de 2023). Bases de Gröbner y su Aplicación al Problema del K-Coloreado y Resolución de Sudokus. [Tesis de Grado]. Universidad Rey Juan Carlos. Obtenido de <https://burjcdigital.urjc.es/handle/10115/22481/2022-23-ETSII-A-21178050-m.villalba.2016-MEMORIA.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
- Villalobos Salazar, R., & Márquez Hernández, M. L. (2009). El Uso de la Computadora como Propuesta Alternativa para Mejorar el Aprendizaje de Polinomios de Grado Superior en Alumnos de Ingeniería. *Cuadernos de educacion y desarrollo*, 4-16. Obtenido de <https://ideas.repec.org/a/erv/cedced/y2009i66.html>
- Wing, J. (2006). Computational thinking [Pensamiento computacional]. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Wing, J. (2011). *Computational thinking: What and why [Pensamiento computacional: Qué y por qué]*. The Link. News from the School of Computer Science at Carnegie Mellon University.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Centro Universitario Regional de Estelí (UNAN-Managua/CUR-Estelí), por el respaldo institucional brindado durante el desarrollo de este trabajo. De manera especial, agradecen al Dr. Clifford Jerry Herrera Castrillo, quien facilitó el componente de Álgebra Computacional y motivó a los autores a asumir el reto de investigar y escribir sobre estas temáticas de gran relevancia en el ámbito educativo y científico.