

Comandos Fundamentales del Sistema CoCoA para la Manipulación Eficiente de Polinomios

Fundamental CoCoA System Commands for Efficient Polynomial Manipulation

Cliffor Jerry Herrera-Castrillo ^a

Abstract:

This paper focuses on the investigation and description of the essential commands offered by the CoCoA system; a computational tool widely used in the mathematical field for the study and manipulation of polynomials. It details a selection of the most relevant and powerful commands provided by CoCoA, which allow performing fundamental operations such as factoring, simplification, evaluation and derivation of polynomials efficiently and accurately. By means of concrete examples and practical applications, the usefulness and versatility of these commands in various areas of mathematics and computing is illustrated. Possible extensions and future applications of these commands are also discussed, as well as their impact on research and teaching in the mathematical sciences. This study contributes to a deeper and more practical understanding of the computational tools available for polynomial analysis and manipulation, providing researchers and educators with a solid foundation for the development and application of advanced techniques in this field.

Keywords:

CoCoA, Polynomials, Operations, Computing

Resumen:

El presente artículo se centra en la investigación y descripción de los comandos esenciales ofrecidos por el sistema CoCoA, una herramienta computacional ampliamente utilizada en el ámbito matemático para el estudio y manipulación de polinomios. Se detalla una selección de los comandos más relevantes y poderosos proporcionados por CoCoA, los cuales permiten realizar operaciones fundamentales como la factorización, simplificación, evaluación y derivación de polinomios de manera eficiente y precisa. Mediante ejemplos concretos y aplicaciones prácticas, se ilustra la utilidad y versatilidad de estos comandos en diversas áreas de las matemáticas y la computación. Se discuten también posibles extensiones y aplicaciones futuras de estos comandos, así como su impacto en la investigación y la enseñanza de las ciencias matemáticas. Este estudio contribuye a una comprensión más profunda y práctica de las herramientas computacionales disponibles para el análisis y manipulación de polinomios, brindando a los investigadores y educadores una sólida base para el desarrollo y aplicación de técnicas avanzadas en este campo.

Palabras Clave:

CoCoA, Polinomios, Operaciones, Computación

Introducción

En los últimos años, ha sido evidente el creciente papel que la tecnología desempeña en el ámbito educativo. Esto ha generado la necesidad de integrar herramientas tecnológicas en la enseñanza, las cuales son cruciales para adaptar nuevas estrategias pedagógicas que

beneficien a todos los involucrados en el proceso educativo. El avance tecnológico, especialmente impulsado por Internet, ha permitido la creación de nuevos espacios para el enriquecimiento de los entornos de aprendizaje, así como una amplia gama de aplicaciones que pueden potenciar la experiencia educativa (Muñoz Vallecillo et al., 2023).

^a Autor de Correspondencia, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua | Centro Universitario Regional de Estelí | Estelí, Estelí | Nicaragua, <https://orcid.org/0000-0002-7663-2499>, Email: cliffor.herrera@unan.edu.ni

En este contexto, herramientas como CoCoA, con su capacidad para realizar cálculos algebraicos avanzados de manera eficiente y precisa, pueden desempeñar un papel significativo en la mejora de la enseñanza y el aprendizaje de conceptos matemáticos complejos (Abbott & Bigatti, 2014; Castrillo, 2025). La integración de tecnologías como CoCoA en el aula puede proporcionar a los estudiantes una experiencia más interactiva y práctica, facilitando la comprensión de conceptos abstractos y fomentando un enfoque más activo hacia el aprendizaje de las matemáticas. Por lo tanto, el uso de herramientas tecnológicas como CoCoA puede contribuir significativamente a la evolución de los métodos de enseñanza y al desarrollo de habilidades matemáticas sólidas en los estudiantes.

La manipulación de polinomios es una tarea recurrente y esencial en múltiples disciplinas matemáticas y científicas, desde el álgebra básica hasta la física teórica y la ingeniería aplicada (Ortega Pulido, 2004). La capacidad de factorizar, simplificar, evaluar y derivar polinomios de manera eficiente es crucial para la resolución de problemas complejos y el análisis de fenómenos naturales y artificiales. En este contexto, el desarrollo de herramientas computacionales especializadas se ha vuelto fundamental, permitiendo a investigadores, educadores y profesionales realizar cálculos avanzados con rapidez y precisión. Una de estas herramientas destacadas es el sistema CoCoA, ampliamente utilizado en la comunidad matemática y científica debido a su potencia y flexibilidad en la manipulación de polinomios y estructuras algebraicas relacionadas.

El sistema CoCoA, acrónimo de Computations in Commutative Algebra, es un entorno de software diseñado específicamente para realizar cálculos algebraicos en álgebra conmutativa y geometría algebraica. Desarrollado inicialmente en la Universidad de Génova en Italia, CoCoA ha evolucionado a lo largo de los años para convertirse en una herramienta robusta y altamente especializada que ofrece una amplia gama de funcionalidades para el estudio y manipulación de polinomios y otras estructuras algebraicas (CoCoA System, 2023). En particular, los comandos proporcionados por CoCoA para operar con polinomios han demostrado ser especialmente útiles y eficientes, facilitando tareas que de otro modo serían laboriosas o incluso impracticables.

El presente estudio se desarrolla bajo un enfoque descriptivo de carácter documental orientado al análisis funcional de los comandos fundamentales del sistema CoCoA para la manipulación de polinomios. Se realizó

una revisión de manuales técnicos, literatura especializada en álgebra computacional y documentación oficial del sistema CoCoA. Posteriormente se seleccionaron los comandos más utilizados en operaciones algebraicas básicas como factorización, simplificación, evaluación y derivación. Estos comandos fueron analizados mediante ejemplos computacionales con el propósito de ilustrar su funcionamiento y su potencial aplicación en contextos educativos y de investigación matemática.

Se busca explorar a detalle los comandos más importantes del sistema CoCoA para la manipulación de polinomios. A través de ejemplos concretos y aplicaciones prácticas, se examinará cómo estos comandos pueden utilizarse para llevar a cabo una variedad de operaciones algebraicas, incluyendo la factorización, simplificación, evaluación y derivación de polinomios (CoCoA, 2007). Además, se discutirá el impacto de estas funcionalidades en diferentes áreas de investigación, así como su relevancia en el ámbito educativo para la enseñanza y el aprendizaje de conceptos algebraicos avanzados. En última instancia, esta investigación pretende proporcionar a los lectores una comprensión profunda y práctica de las herramientas computacionales disponibles para el análisis y manipulación de polinomios, promoviendo así el avance del conocimiento en el campo de las matemáticas y disciplinas relacionadas.

El objetivo de este estudio es analizar y describir los comandos fundamentales del sistema CoCoA utilizados en la manipulación de polinomios, mostrando su funcionamiento mediante ejemplos prácticos y destacando su utilidad en la investigación matemática y en la enseñanza del álgebra computacional.

Desarrollo

Instalación CoCoA

CoCoA se utiliza en diversos contextos, que van desde la investigación pura hasta la enseñanza de álgebra conmutativa y geometría algebraica. Es una herramienta poderosa para realizar cálculos algebraicos complicados de manera eficiente y precisa.

Para la instalación, se siguen los siguientes pasos:

Paso 1: Descargar CoCoA

1. Ir al sitio web oficial de CoCoA: CoCoA Website

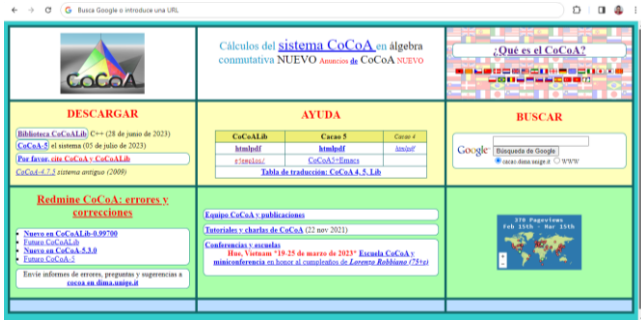


Figure 1. Sitio de Descarga de CoCoA

2. Navega hasta la sección de descargas.

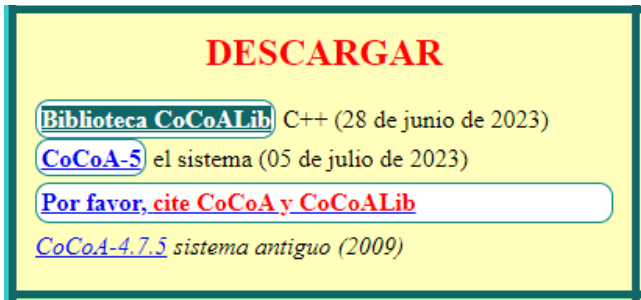


Figure 2. Espacio de descarga de CoCoA y sus diferentes versiones

3. Encuentra la versión más reciente de CoCoA y descárgala. Por lo general, estará disponible como un archivo comprimido (por ejemplo, "cocoa-5.3.0-win64.zip").



Figure 3. Espacio de selección de descarga si es Max Os, Unix/Linux, MSWindows



Figure 4. Descarga del archivo

Paso 2: Descomprimir el Archivo

1. Una vez que se complete la descarga, abre el archivo zip descargado.
2. Extrae todo el contenido del archivo zip en una ubicación conveniente en tu sistema. Por ejemplo, puedes extraerlo en una carpeta llamada "CoCoA" en tu escritorio.

Paso 3: Configurar las Variables de Entorno

1. Haz clic derecho en "Este PC" o "Mi PC" (dependiendo de la versión de Windows) y selecciona "Propiedades".
2. En la ventana de Propiedades del sistema, haz clic en "Configuración avanzada del sistema" en el panel izquierdo.



Figure 5. Acceso a Configuración Avanzada

3. Se abrirá una nueva ventana llamada "Propiedades del sistema". Hacer clic en el botón "Variables de entorno" en la parte inferior.
4. En la sección "Variables del sistema", busca la variable llamada "Path" y selecciónala. Luego, haz clic en "Editar..."

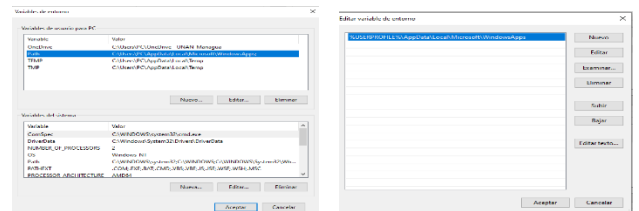


Figure 6 variables del sistema

5. En la ventana de "Editar variable de sistema", haz clic en "Nuevo".
6. Ingresas la ruta completa del directorio donde has extraído CoCoA. Por ejemplo, si lo has extraído en "C:\Users\PC\Desktop\cocoa-5.4.1s-text-win\cocoa-5.4", entonces ingresa esa ruta.
7. Haz clic en "Aceptar" para cerrar todas las ventanas.

Paso 4: Verificar la Instalación

1. Abre una nueva ventana del símbolo del sistema (cmd).
2. Escribe CoCoAInterpreter y presiona Enter.
3. Deberías ver la interfaz de línea de comandos de CoCoA, lo que significa que la instalación fue exitosa.

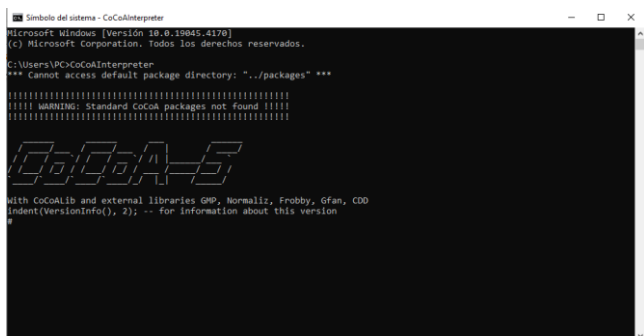


Figure 7. Instalación completa

Fundamentos de los Comandos en CoCoA: Una Visión General

En este apartado, se profundizará en los fundamentos conceptuales que constituyen la base de los comandos en CoCoA, ofreciendo una visión detallada de su estructura y funcionamiento. CoCoA se basa en los principios de álgebra conmutativa y geometría algebraica, disciplinas matemáticas que se ocupan del estudio de estructuras algebraicas como anillos y polinomios.

La arquitectura de CoCoA se ha diseñado para proporcionar a los usuarios una interfaz intuitiva y poderosa para realizar cálculos en álgebra conmutativa (Duque et al., 2002). Esto se logra mediante la implementación de algoritmos eficientes y técnicas avanzadas que permiten manipular polinomios y otras expresiones algebraicas de manera rápida y precisa.

Uno de los aspectos fundamentales de CoCoA es su capacidad para representar polinomios de manera flexible, permitiendo la manipulación de expresiones algebraicas de cualquier grado y complejidad (Flores Mamani, 2021). Esto se logra mediante la utilización de estructuras de datos adecuadas que permiten almacenar y operar con polinomios de forma eficiente.

Además, CoCoA ofrece una amplia gama de comandos que cubren todas las operaciones fundamentales en álgebra conmutativa, desde la factorización y simplificación de polinomios hasta la evaluación y derivación de expresiones algebraicas (Laita et al., 2005; Herrera-Castrillo, 2024). Estos comandos están diseñados para ser intuitivos y fáciles de usar, lo que

permite a los usuarios realizar cálculos complejos con solo unas pocas líneas de código.

Otro aspecto destacado de CoCoA es su capacidad para trabajar con diferentes tipos de objetos algebraicos, como polinomios, ideales y módulos. Esto permite a los usuarios abordar una amplia variedad de problemas matemáticos, desde la teoría de números hasta la geometría algebraica, utilizando una sola herramienta computacional.

Factorización de Polinomios: Optimizando el Proceso con CoCoA

La factorización de polinomios es una tarea fundamental en el ámbito de las matemáticas, ya que permite descomponer expresiones algebraicas complejas en factores más simples (Vega Castro, 2010). CoCoA proporciona una serie de herramientas poderosas para llevar a cabo este proceso de manera eficiente y precisa.

CoCoA optimiza el proceso de factorización de polinomios. Se analizarán los algoritmos y técnicas utilizados por CoCoA para encontrar los factores de un polinomio dado, teniendo en cuenta la complejidad computacional y la precisión del resultado, (Perkinson, 2022). Además, se examinarán casos de uso específicos donde la factorización de polinomios es crucial, como en la resolución de ecuaciones, la simplificación de expresiones algebraicas y el estudio de propiedades de funciones polinómicas.

Algoritmos y técnicas utilizados por CoCoA para la factorización de polinomios, puestas por Perkinson (2022) son:

- Algoritmo de factorización polinómica: CoCoA implementa un algoritmo eficiente para factorizar polinomios en factores irreducibles. Este algoritmo utiliza métodos como la factorización de cuadrados libres, la factorización de polinomios ciclotómicos y la factorización de polinomios cuadráticos.
- Algoritmo de factorización de Groebner: CoCoA utiliza el algoritmo de Groebner para encontrar los factores de un polinomio. Este algoritmo se basa en la teoría de bases de Groebner y permite factorizar polinomios en términos de polinomios más simples.
- Algoritmo de factorización de Hermite: CoCoA también utiliza el algoritmo de factorización de Hermite para encontrar los factores de un polinomio. Este algoritmo se basa en la teoría de la forma normal de Hermite y permite factorizar

polinomios en términos de polinomios más simples.

Casos de uso de la factorización de polinomios con CoCoA de acuerdo con Quinones (2023):

- Resolución de ecuaciones: La factorización de polinomios es crucial en la resolución de ecuaciones algebraicas. CoCoA puede factorizar polinomios para encontrar las raíces de una ecuación y así resolverla de manera más eficiente.
- Simplificación de expresiones algebraicas: La factorización de polinomios también se utiliza para simplificar expresiones algebraicas. CoCoA puede factorizar polinomios para reducir una expresión a su forma más simple, lo que facilita su manipulación y cálculo.
- Estudio de propiedades de funciones polinómicas: La factorización de polinomios permite analizar las propiedades de las funciones polinómicas, como los puntos críticos, los máximos y mínimos, y la concavidad. CoCoA puede factorizar polinomios para obtener información sobre estas propiedades y así comprender mejor el comportamiento de las funciones polinómicas.

Simplificación de Expresiones Algebraicas: Estrategias Eficientes en CoCoA

CoCoA tiene funciones incorporadas que permiten simplificar expresiones algebraicas de manera eficiente. Estas funciones pueden simplificar expresiones polinómicas, fraccionarias y racionales, entre otras. Puedes utilizar estas funciones para simplificar tus expresiones algebraicas y obtener una forma más sencilla y legible (GCF AprendeLibre, 2021).

La factorización es una estrategia eficiente para simplificar expresiones algebraicas. CoCoA tiene funciones que te permiten factorizar expresiones polinómicas y fraccionarias. Al factorizar una expresión, puedes encontrar factores comunes y reducir la expresión a una forma más simple (Paredes, 2024).

Ejemplos Prácticos: Aplicando los Comandos de CoCoA en Problemas Reales

En esta sección, se presentarán ejemplos concretos que ilustrarán cómo se pueden aplicar los comandos de CoCoA para resolver problemas reales en diversos contextos matemáticos y científicos. Estos ejemplos servirán para demostrar la utilidad y versatilidad de

CoCoA en la práctica y proporcionarán una comprensión más profunda de cómo se pueden utilizar sus comandos para abordar desafíos específicos.

Se examinarán problemas tales como la resolución de ecuaciones polinómicas, la determinación de raíces y factores de polinomios, la simplificación de expresiones algebraicas, y la evaluación de funciones polinómicas en puntos específicos. Para cada ejemplo, se mostrará paso a paso cómo utilizar los comandos relevantes de CoCoA y cómo interpretar los resultados obtenidos.

Además, se presentarán casos de uso prácticos en disciplinas como la física, la ingeniería, la economía o la criptografía, donde la manipulación de polinomios desempeña un papel crucial (López-Maradiaga, 2024 et al., 2024). Estos ejemplos ayudarán a destacar la aplicabilidad de CoCoA en una amplia gama de campos y a mostrar cómo puede ser una herramienta valiosa para investigadores, profesionales y estudiantes en sus respectivas áreas.

Resolución de una Ecuación Polinómica:

```
f := (x^2 + 3*x - 4)*(x - 2) = 0;
factorize f;
```

Determinación de Raíces de un Polinomio:

```
g := x^3 - 6*x^2 + 11*x - 6;
solve g;
```

Simplificación de una Expresión Algebraica:

```
h := (x^2 + 2*x + 1)/(x + 1);
simplify h;
```

Evaluación de una Función Polinómica en un Punto Específico:

```
p := x^3 - 3*x^2 + 2*x - 5;
eval(p, x = 2);
```

Estos ejemplos pueden ser utilizados directamente en CoCoA para realizar las operaciones especificadas y obtener los resultados correspondientes. Recuerda que, en CoCoA, los polinomios se definen utilizando el símbolo `:=` y las operaciones se realizan utilizando comandos específicos como `factorize`, `solve`, `simplify` y `eval`.

Comandos Fundamentales del Sistema CoCoA

El sistema CoCoA ofrece una amplia gama de comandos fundamentales que son esenciales para realizar

operaciones algebraicas avanzadas. Estos comandos permiten manipular polinomios y otras estructuras algebraicas de manera eficiente y precisa. A continuación, se describen algunos de los comandos más importantes en CoCoA (2007):

Tabla 1. Comandos fundamentales del sistema CoCoA

Comando	Función	Ejemplo
factorize	Factoriza un polinomio	factorize($x^2 - 1$)
simplify	Simplifica expresiones algebraicas	simplify($(x^2+2x+1)/(x+1)$)
solve	Determina las raíces de un polinomio	solve($x^2 - 5x + 6$)
eval	Evalúa un polinomio en un punto	eval($p, x=2$)
differentiate	Calcula la derivada de un polinomio	differentiate(x^3)

1. **factorize**: Este comando factoriza un polinomio en sus factores irreducibles sobre un cuerpo dado. Es especialmente útil para descomponer expresiones algebraicas complejas en términos más simples.
2. **simplify**: Permite simplificar expresiones algebraicas, eliminando términos redundantes o combinando términos similares. Facilita la manipulación y comprensión de expresiones algebraicas complicadas.
3. **solve**: Utilizado para encontrar las raíces de un polinomio, es decir, los valores de la variable que hacen que el polinomio sea igual a cero. Es útil para resolver ecuaciones algebraicas y sistemas de ecuaciones.
4. **eval**: Permite evaluar un polinomio en un valor específico de la variable. Esto es útil para encontrar el valor numérico de una función polinómica en un punto dado.
5. **differentiate**: Calcula la derivada de un polinomio con respecto a una variable específica. Es útil para encontrar tasas de cambio instantáneas y para resolver problemas de optimización.

Estos son solo algunos ejemplos de los comandos fundamentales disponibles en CoCoA. Cada uno de estos comandos desempeña un papel crucial en la manipulación y análisis de polinomios, contribuyendo al poder y la versatilidad del sistema CoCoA en el ámbito de las matemáticas computacionales.

Explorando el Potencial de CoCoA en Investigación, Enseñanza e Impacto en la Investigación: Avances y Desafíos

CoCoA ha demostrado ser una herramienta invaluable tanto en la investigación como en la enseñanza de las matemáticas y disciplinas relacionadas. Su potencial se extiende más allá de la simple manipulación de polinomios, abriendo nuevas perspectivas en diversos campos académicos y aplicaciones prácticas.

En el ámbito de la investigación, CoCoA ofrece una plataforma robusta para el desarrollo y la implementación de algoritmos avanzados en álgebra computacional. Su capacidad para manejar polinomios y estructuras algebraicas complejas permite a los investigadores abordar problemas teóricos y aplicados con mayor facilidad y precisión (Alaniz Martínez, et al., 2025). Además, CoCoA proporciona un entorno de programación flexible que permite la creación de nuevas herramientas y metodologías para el análisis algebraico, lo que impulsa la innovación y el avance en áreas como la geometría algebraica, la teoría de números y la criptografía.

En el ámbito de la enseñanza, CoCoA se presenta como una herramienta poderosa para promover un aprendizaje interactivo y práctico en matemáticas. Su interfaz intuitiva y sus capacidades de visualización facilitan la comprensión de conceptos abstractos y fomentan un enfoque más activo hacia el aprendizaje (Aráuz et al., 2024). Los educadores pueden utilizar CoCoA para crear ejercicios y actividades que desafíen a los estudiantes a aplicar sus conocimientos en situaciones del mundo real, preparándolos mejor para enfrentar problemas complejos en su carrera académica y profesional.

Sin embargo, a pesar de sus numerosos beneficios, CoCoA también enfrenta desafíos en términos de accesibilidad, compatibilidad y escalabilidad. La comunidad de usuarios y desarrolladores de CoCoA continúa trabajando para abordar estos desafíos y mejorar la funcionalidad y usabilidad del sistema. Además, se requiere un esfuerzo continuo para integrar CoCoA de manera efectiva en entornos educativos y de investigación, garantizando que esté disponible y accesible para todos aquellos que puedan beneficiarse de su uso.

Los resultados obtenidos mediante los ejemplos desarrollados muestran que el sistema CoCoA facilita la manipulación simbólica de polinomios y permite ejecutar operaciones algebraicas complejas con rapidez y

precisión (Benavides Mendoza et al., 2026). En comparación con los procedimientos algebraicos manuales, el uso de comandos computacionales reduce el tiempo de cálculo y minimiza la posibilidad de errores en el proceso de resolución. Esto adquiere especial relevancia en contextos educativos, donde el uso de herramientas de álgebra computacional puede contribuir a fortalecer la comprensión conceptual del álgebra y favorecer el aprendizaje activo de los estudiantes. Asimismo, el uso de CoCoA permite abordar problemas algebraicos de mayor complejidad, lo cual amplía las posibilidades de investigación en áreas como el álgebra conmutativa y la geometría algebraica (Manzanares-Balmaceda et al., 2025).

Conclusiones

El análisis realizado evidencia que el sistema CoCoA constituye una herramienta eficiente para la manipulación simbólica de polinomios y para la ejecución de operaciones algebraicas fundamentales como la factorización, simplificación, evaluación y derivación. Su implementación en contextos educativos puede contribuir al fortalecimiento del aprendizaje del álgebra y de la matemática computacional al permitir que los estudiantes interactúen con expresiones algebraicas de forma dinámica y exploratoria.

La factorización de polinomios, la simplificación de expresiones algebraicas, la resolución de ecuaciones, la evaluación de funciones polinómicas y la derivación son solo algunas de las operaciones que CoCoA permite realizar de manera eficiente y precisa. Estos comandos no solo simplifican el trabajo manual en el álgebra computacional, sino que también abren nuevas posibilidades en la investigación y la enseñanza de las matemáticas.

En el ámbito de la investigación, CoCoA se presenta como una herramienta poderosa para abordar problemas teóricos y aplicados en álgebra computacional y disciplinas relacionadas. Su capacidad para manejar polinomios de cualquier grado y su flexibilidad para trabajar con diferentes tipos de coeficientes hacen de CoCoA una opción atractiva para investigadores y profesionales en diversos campos.

En cuanto a la enseñanza, CoCoA ofrece una oportunidad única para promover un aprendizaje interactivo y práctico en matemáticas. Su interfaz intuitiva y sus capacidades de visualización facilitan la comprensión de conceptos algebraicos abstractos y fomentan un enfoque activo hacia el aprendizaje.

Referencias

- [1] Abbott, J., & Bigatti, A. M. (2014). *What is new in CoCoA? [¿Qué hay de nuevo en CoCoA?]*. Software matemático – ICMS 2014: 4to Congreso Internacional, Seúl, Corea del Sur. https://www.academia.edu/download/66628827/What_is_new_in_CoCoA20210423-9254-1xlpnz2.pdf
- [2] Alaniz Martínez, O. D., Canales Espinoza, Ángela J., & Herrera Castrillo, C. J. (2025). Desarrollo del conocimiento computacional en aplicaciones de la implicitización polinomial. *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 13(26), 10–15. <https://doi.org/10.29057/icbi.v13i26.14408>
- [3] Aráuz, JJM, Fuentes, ILH, & Herrera-Castrillo, CJ (2024). Teorema de los ceros de Hilbert: aplicaciones de sus versiones débiles y fuertes. *Ciencias matemáticas*, 38 (1), 85-95. <https://revistas.uh.cu/rcm/article/view/9954>
- [4] Benavides Mendoza, D. L., Rugama Hernández, M. del R., & Herrera Castrillo, C. J. (2026). Algoritmo de Buchberger en el cálculo de bases de Gröbner. *Boletín Científico INVESTIGIUM De La Escuela Superior De Tizayuca*, 11(22), 33–38. <https://doi.org/10.29057/esti.v11i22.15595>
- [5] Castrillo, CJH (2025). Reflexiones y retos en la enseñanza del Análisis Matemático: Un Estudio comparativo en Física-Matemática y Matemática. *Revista Educación*, 23 (26), 11-29. <https://doi.org/10.51440/unsch.revistaeducacion.2025.26.541>
- [6] CoCoA. (2007). *CoCoA 4.7 Manual*. <https://cocoa.dima.unige.it/cocoa/download/doc/he lp.pdf>
- [7] CoCoA System. (28 de Junio de 2023). *Cálculos del sistema CoCoA en álgebra conmutativa*. <https://cocoa.dima.unige.it/cocoa/>
- [8] Duque, Á., Hernández Rodríguez, P., & Novoa, F. (2002). Un Programa Para Calcular Las Representaciones Irreducibles De S_n , en la Forma Seminormal de Young Matemática Computacional Como Apoyo a la Docencia. *Universitas Scientiarum*, 7(1), 5-16. <https://www.redalyc.org/pdf/499/49925477003.pdf>
- [9] Flores Mamani, L. C. (2021). Bases de Gröbner y su aplicación en la solución de sistemas polinomiales. *[Tesis de Grado]*. Universidad Nacional de Altiplano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/16934>
- [10] GCFAprendeLibre. (6 de Agosto de 2021). *Cómo simplificar expresiones algebraicas | Curso de Álgebra*. Youtube:

<https://youtu.be/u1TxIEJbiQ4?si=Bhd6dbXBv2nmkLQP>

- [11] Herrera-Castrillo, CJ (2024). Eficacia del sistema computacional CoCoA para la organización del pensamiento oral y escrito. *Revista Científica Esteli*, 72-92. <https://doi.org/10.5377/esteli.v13i2.19809>
- [12] Laita, L., Serrano, V., Rodríguez Solano, C., Roanes Lozano, E., & Laita, L. (2005). Construcción, basada en la Lógica y el Álgebra Computacionales, de un Sistema Experto para diagnóstico de la Depresión. *Boletín de la Soc. Puig Adam*(69), 40-52. <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-89521/Boletin%2069%20de%20Soc%20PUIG%20ADAM.pdf#page=40>
- [13] López-Maradiaga, EO, Gaitán-Rizo, HJ, Picado-Castillo, JA, & Herrera-Castrillo, CJ (2024). Simulador Fluidflow y Asistente Matemático para la demostración de existencia de fluidos miscibles. *Revista Universitaria del Caribe*, 32 (1), 45-58. <https://doi.org/10.5377/ruc.v32i1.20253>
- [14] Manzanares-Balmaceda, A. I., García-Castro, M., Flores-Vallejos, D. I., Briones-Rugama, Y. Y., y Herrera-Castrillo, C. J. (2025). Uso del Máximo Común Divisor en el análisis de polinomios univariados en Álgebra Computacional. *Revista Oratores*, 1(23), 146–166. <https://doi.org/10.37594/oratores.n23.1814>
- [15] Muñoz Vallecillo, L. O., Martínez González, Y. Y., Medina Martínez, W. I., & Herrera Castrillo, C. J. (2023). Uso de simuladores y asistente matemático en la demostración del principio de Pascal al aplicarse integrales y vectores. *Revista Científica Tecnológica*, 2(6), 48-60. <https://revistarecientec.unan.edu.ni/index.php/reciente/article/view/214>
- [16] Ortega Pulido, P. (2004). La enseñanza del álgebra lineal mediante sistemas informáticos de cálculo algebraico. [Tesis Doctoral]. Universidad Complutense de Madrid. <https://docta.ucm.es/entities/publication/61302fb7-25f7-48ee-8f4d-1fc1ce31936d>
- [17] Paredes, A. (27 de Febrero de 2024). *Curso: Simplificación de expresiones con potencias y fracciones*. Educateka.Lab: <https://edtk.co/plan/16737>
- [18] Perkinson, D. (2022). *Ayuda en línea CoCoA 4.1*. Manual en línea: <https://www.math.ucdavis.edu/~deloera/TEACHING/MATH246/lib/cocoa/help.html>
- [19] Quinones, J. (19 de Septiembre de 2023). *How to Factor a Cubic Polynomial [Cómo factorizar un polinomio cúbico]*. [wikihow:](https://www.wikihow.com/Factor-a-Cubic-Polynomial)

<https://www.wikihow.com/Factor-a-Cubic-Polynomial>

- [20] Vega Castro, D. C. (2010). Sentido estructural manifestado por alumnos de 1º de bachillerato en tareas que involucran igualdades notables. [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional de Granada. <http://funes.uniandes.edu.co/1947/>