

HACIA UNA COMPRENSIÓN INTEGRAL DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL: MÁS ALLÁ DE LOS REGISTROS DE REPRESENTACIÓN

TOWARDS A COMPREHENSIVE UNDERSTANDING OF LINEAR PROGRAMMING: BEYOND REGISTERS OF REPRESENTATION

Fidel Morales Couoh

Tecnológico Nacional de México / ITS del Sur del Estado de Yucatán, México
fmorales@suryucatan.tecnm.mx

Laura García Domínguez

Centro Universitario Metropolitano de Campeche, México
laura_garcia@cume.edu.mx

Arturo Antonio Alvarado Segura

Tecnológico Nacional de México / ITS del Sur del Estado de Yucatán, México
aalvarado@suryucatan.tecnm.mx

Rangel Antonio Navarrete Canté

Tecnológico Nacional de México / ITS del Sur del Estado de Yucatán, México
rnavarrete@suryucatan.tecnm.mx

Felipe de Jesús Cool Chi

Tecnológico Nacional de México / ITS del Sur del Estado de Yucatán, México
fcool@suryucatan.tecnm.mx

Recepción: 20/enero/2026

Aceptación: 06/junio/2026

Resumen

La Programación Lineal (PL) es una herramienta esencial en ingeniería y gestión para optimizar recursos. Sin embargo, su enseñanza ha privilegiado el enfoque algebraico basado en algoritmos de solución, como el Método Simplex, generando un conocimiento utilitario que omite la interpretación de los objetos matemáticos, especialmente de las desigualdades. No obstante, propuestas recientes como el Aprendizaje Basado en Problemas buscan vincular los conceptos abstractos con situaciones prácticas. Este artículo argumenta la importancia de articular distintos registros de representación (verbal, algebraico y gráfico) para fortalecer la

comprensión de la Programación Lineal. Se destaca el papel del método gráfico y el uso de software para visualizar la región factible y apoyar así el tránsito del razonamiento algebraico al geométrico, lo que facilita la comprensión de conceptos abstractos. Además, desde una perspectiva socioepistemológica, la graficación se reconoce como una práctica social de uso y como un argumento fundamental para la construcción de conocimiento.

Palabras clave: Graficación, Programación Lineal, Representaciones, Toma de Decisiones.

Abstract

Linear Programming (LP) is an essential tool in engineering and management for optimizing resources. However, its teaching has favored an algebraic approach based on solution algorithms, such as the Simplex Method, leading to a utilitarian form of knowledge that overlooks the interpretation of mathematical objects, especially inequalities. Nevertheless, recent proposals such as Problem-Based Learning seek to connect abstract concepts with practical situations. This article argues for the importance of articulating different registers of representation (verbal, algebraic, and graphical) to strengthen the understanding of Linear Programming. The role of the graphical method and the use of software to visualize the feasible region are highlighted, thereby supporting the transition from algebraic to geometric reasoning, which facilitates the understanding of abstract concepts. Moreover, from a socioepistemological perspective, graphing is recognized as a social practice of use and as a fundamental argument for the construction of knowledge.

Keywords: Graphing, Linear Programming, Representations, Decision-Making.

1. Introducción

La Programación Lineal es una herramienta matemática de optimización que permite tomar decisiones eficientes en contextos donde los recursos son limitados. Su formulación implica, primero, la definición correcta de las variables de decisión; posteriormente, se construye la función objetivo (Z) y se establecen las restricciones del modelo (Figura 1).

En este sentido, la PL se ha consolidado como una técnica analítica esencial para maximizar beneficios o minimizar costos dentro de un conjunto de restricciones lineales. De acuerdo con la metodología clásica, el proceso de modelado requiere la definición de variables, la formulación de la función objetivo y la estructuración de restricciones acordes al contexto del problema [Izar, como se citó en Puente-Riofrío y Gavilánez-Álvarez, 2018].

No obstante, en la educación superior el discurso escolar dominante suele centrarse en la formulación algebraica del modelo y en la aplicación mecánica de los métodos de resolución (gráfico y Simplex), incluyendo en algunos casos herramientas computacionales (Figura 2). Bajo esta perspectiva, se omite frecuentemente el análisis del significado de los distintos puntos que conforman la región factible y de sus implicaciones en la toma de decisiones, lo cual debilita el aprendizaje conceptual del estudiante y deriva en una formación incompleta [Reaño-Paredes, 2011]. Esta perspectiva utilitaria limita que las matemáticas se conviertan en un conocimiento funcional capaz de entender y transformar la realidad.

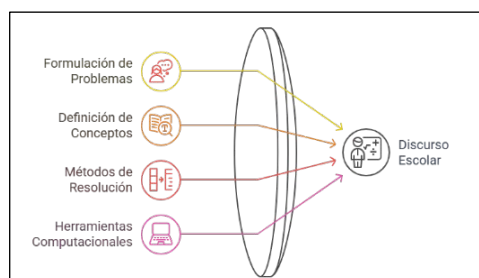
$$\begin{aligned} \text{Max o Min } Z &= C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n \\ \text{Sujeto a restricciones} \\ A_{1,1}X_1 + A_{1,2}X_2 + \dots + A_{1,n}X_n &\leq B_1 \\ A_{2,1}X_1 + A_{2,2}X_2 + \dots + A_{2,n}X_n &\leq B_2 \\ \vdots & \\ A_{m,1}X_1 + A_{m,2}X_2 + \dots + A_{m,n}X_n &\leq B_m \end{aligned}$$

Donde:

$$C_n, A_{m,n}, B_m \in \mathbb{R} \quad y \quad X_j \geq 0 \text{ con } j: 1, 2, \dots, n$$

Fuente: elaboración propia.

Figura 1 Modelo de programación lineal.



Fuente: Napkiin Al,s.f.

Figura 2 Discurso escolar.

El origen de esta situación radica en que la enseñanza tradicional suele fragmentar el conocimiento, separando la parte operativa algebraica de la interpretación práctica, interpretativa en el entorno organizacional o administrativo, donde la optimización lineal adquiere verdadero sentido como motor para resolver problemas reales y desarrollar competencias profesionales [Balcázar, 2024].

Aunque la representación gráfica es un recurso válido en la PL en general, su aplicabilidad didáctica es especialmente notable en problemas formulados con dos variables, que permiten visualizar directamente la región factible y el punto óptimo. Esto ha consolidado el método gráfico como un puente entre la formulación algebraica y su interpretación geométrica en la enseñanza universitaria [Gutiérrez y Parada, 2007]. Asimismo, estudios recientes muestran el beneficio del uso de software como GeoGebra para fortalecer la comprensión conceptual en PL mediante la visualización dinámica de la región factible [Zulhendri et al., 2025].

La incorporación de estos entornos informáticos dinámicos y herramientas de software especializadas no solo automatiza el cálculo, sino que actúa como un soporte cognitivo imprescindible que transforma la forma en que los estudiantes exploran las propiedades geométricas y asimilan los conceptos abstractos, dejando atrás las limitaciones de la tiza y el pizarrón [Pajuelo, 2022].

Si bien la resolución de desigualdades constituye el fundamento matemático que sustenta la modelación en PL, la práctica docente universitaria suele privilegiar el método algebraico, desestimando la ventaja didáctica del método gráfico. Dado este escenario, han surgido propuestas pedagógicas que buscan transformar la enseñanza de la PL. Por ejemplo, Ruiz-Sandoval [2024] plantea una estrategia basada en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), que favorece la contextualización del conocimiento y el aprendizaje activo. Estas propuestas evidencian que el aprendizaje significativo requiere una articulación integral entre las representaciones gráfica, numérica y simbólica.

Para realizar esta transición integral, resulta conveniente establecer rutas que detecten las diferencias en el proceso de aprendizaje del estudiantado. En cuanto a la modelación matemática, se puede hacer mucho cuando se consideran las particularidades de quienes estudian, lo que permite anticipar cómo interactúan con

las representaciones visuales y simbólicas en la resolución de problemas complejos [Ugalde, 2025].

Finalmente, este estudio tiene como objetivo analizar cómo la representación gráfica y el uso de programas computacionales pueden contribuir a transformar la enseñanza de la PL en el nivel superior. Se concibe la graficación no únicamente como la representación formal de una función, sino como una práctica funcional generadora de conocimiento, bajo el lente Socioepistemológico. Con ello, se busca superar la sola memorización de algoritmos y avanzar hacia un conocimiento que da sentido y significa a los modelos matemáticos en la toma de decisiones.

2. Métodos

Este estudio se sustenta en una revisión de literatura de artículos científicos indexados y trabajos de posgrado relacionados con la PL, priorizando aquellos que analizan el papel de los programas graficadores en los procesos de optimización. La búsqueda documental se realizó mediante Google Scholar, permitiendo ampliar y robustecer la rigurosidad de la revisión de literatura al considerar investigaciones relevantes y especializadas en el área. Es importante aclarar que este trabajo no incluyó ningún análisis empírico o experimental con estudiantes, en tanto su objetivo se limitó únicamente al análisis teórico de los estudios revisados.

El análisis se apoya en investigaciones que destacan la necesidad de articular los distintos registros de representación para favorecer un aprendizaje comprensivo, como la secuencia didáctica propuesta por Reaño-Paredes [2011], quien, con base en la Teoría de Situaciones Didácticas (TSD) y la Teoría de Registros de Representación Semiótica de Duval, promovió que los estudiantes logaran una comprensión integral de los sistemas de inecuaciones lineales y sus aplicaciones en PL, mediante la coordinación entre el registro gráfico y el formal.

Asimismo, se incorporaron marcos de referencia centrados en la resignificación de la función lineal en escenarios profesionales, analizando cómo el uso y significado de la recta y la inecuación cambian al trasladarse al campo de la toma de decisiones administrativas [Balcázar, 2024]. Del mismo modo, se recuperaron aportes acerca del impacto cognitivo del software educativo en el desarrollo de habilidades

espaciales y estadísticas [Pajuelo, 2022], así como la relevancia de estructurar el diseño instruccional atendiendo a modelos conceptuales de toma de decisiones en el aprendizaje [Ugalde Calderón, 2025].

Finalmente, el estudio incorpora una reflexión desde la perspectiva de la Socioepistemología, al concebir la graficación como una práctica social de uso que confiere sentido y significación al conocimiento matemático.

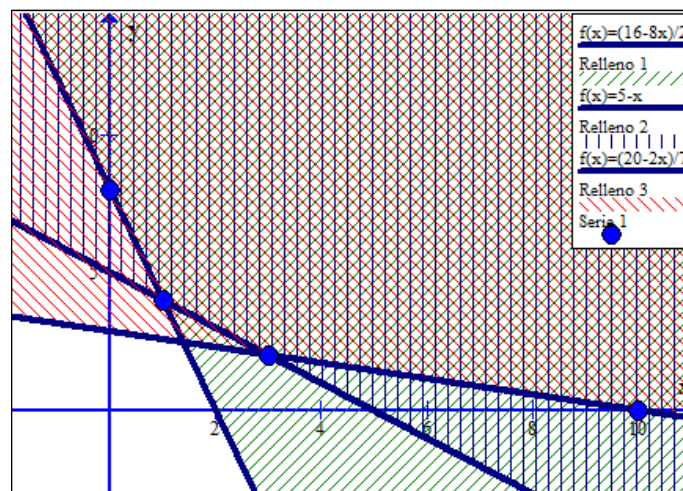
3. Resultados

El proceso de solución de un problema de PL con dos variables se aborda, comúnmente, mediante el método gráfico [García et al., 2022]. Su base matemática se sustenta en las desigualdades con dos variables, el conjunto de soluciones viables, denominada región factible. La comprensión geométrica de esta región resulta crucial para que los estudiantes establezcan conexiones significativas entre el método gráfico y el algebraico. No obstante, la deficiencia en la articulación de los registros de representación, tal como señala Reaño-Paredes [2011], constituye una causa directa de que los estudiantes se limiten al manejo de algoritmos, desaprovechando la oportunidad de vincular lo intuitivo y visual con lo formal.

Asimismo, se ha documentado que el tránsito entre la representación algebraica (las inecuaciones) y la representación geométrica (la región factible) constituye una dificultad recurrente en el aprendizaje de la PL. En este contexto, los programas tecnológicos de graficación, como GeoGebra, adquieren especial importancia para superar estas deficiencias [Falco et al., 2018; Dos Santos, 2013; Rizzo, 2024; Ruiz-Sandoval, 2024], favorecen la coordinación de registros de representación al ingresar las inecuaciones en el software, este genera inmediatamente la región sombreada correspondiente, facilitando la visualización de las soluciones, y fortalece la coordinación entre los registros, objetivo central identificado por Reaño-Paredes [2011]. Su incorporación, además, favorece una mayor precisión en las gráficas y facilita el proceso de modelación matemática de situaciones reales de manera más fluida y espontánea, al posibilitar la identificación de los vértices del polígono de factibilidad y de la solución óptima (máxima o mínima).

El aspecto visual es de suma importancia para la enseñanza, Pajuelo [2022] señala que herramientas digitales como GeoGebra son consideradas como verdaderos laboratorios virtuales, que permiten que el estudiante concentre su atención en los conceptos de frontera, intersección y optimización, al eliminar la carga cognitiva que implica el dibujo manual preciso.

De acuerdo con Sousa, Furtado & Horta [2018], la hoja de cálculo de GeoGebra (versión 5) permite evaluar los valores de la función objetivo en los vértices del poliedro, lo que conduce a la determinación del valor óptimo y favorece el reconocimiento de puntos y coordenadas. En esta misma dirección, el enfoque de Aprendizaje Basado en Problemas [Ruiz-Sandoval, 2024] establece que las gráficas interactivas facilitan que los estudiantes realicen análisis de sensibilidad (es decir, cómo afectan los cambios en las restricciones) de manera visual, promoviendo así un aprendizaje activo, reflexivo y altamente motivador. La representación gráfica transforma el espacio solución (conformado por las soluciones factibles) en una forma geométrica concreta, donde la solución óptima, asociada a un el vértice, se identifica con claridad (Figura 3), lo que mejora la comprensión de la aplicabilidad de la PL en escenarios reales y en la toma de decisiones.



Fuente: Rizzo [2024, p.6.]

Figura 3 Región factible.

Bajo una perspectiva visual, la región factible adquiere una dimensión pragmática fundamental cuando se vincula con el entorno profesional. Al respecto, Balcázar

[2024] sostiene que la verdadera comprensión de la función lineal y sus inequaciones no concluye con la localización geométrica de un punto óptimo, sino que implica interpretarlo como un recurso argumentativo para la toma de decisiones en proyectos de inversión o administración. No obstante, para que ello sea posible, resulta necesario integrar un enfoque basado en perfiles de aprendizaje que facilite que las secuencias didácticas apoyadas en software se adapten mejor a los diferentes ritmos y estilos de asimilación. De esta manera, se favorece un tránsito más equitativo del razonamiento algebraico al geométrico [Ugalde, 2025].

Desde la teoría socioepistemológica, la graficación se concibe como una práctica social de uso que genera conocimiento [Buendía, 2012; Cordero, 2003, 2006a, 2006b]. Al centrar la atención en los usos funcionales que adquiere la graficación, en contraste con su definición estrictamente formal (como mera representación del concepto de función), las formas gráficas cobran sentido y significación para el estudiante [Cantoral y Farfán, 1998, 2003]. Este conocimiento de carácter funcional, obtenido mediante la graficación interactiva, resulta tan válido y potente como el formal, pues posibilita la realización de simulaciones, la modificación de estructuras y la formulación de generalizaciones. En este marco, la graficación se convierte en un medio que potencia la capacidad de argumentación y el razonamiento matemático [Cordero, 2006b; Suárez, 2007].

4. Conclusiones

La relación entre las desigualdades y su representación gráfica es intrínseca y crucial en la Programación Lineal. Sin embargo, en la educación superior persiste la tendencia a reducir la gráfica a una simple representación del concepto de función, lo que provoca un uso limitado de su potencial en la interpretación de la solución. Este trabajo destaca la necesidad de integrar de manera estratégica herramientas graficadoras y enfoques didácticos que promuevan la articulación de distintos registros de representación, con el fin de superar las deficiencias conceptuales actualmente observadas. Asimismo, bajo enfoques activos como el Aprendizaje Basado en Problemas propuesto, la representación gráfica se convierte en un recurso relevante para promover el pensamiento crítico y la toma de

decisiones. Mientras que, con la perspectiva de la Socioepistemología, la graficación adquiere relevancia al transformar lo abstracto en algo comprensible y convertir las formas visuales en argumentos que orientan la decisión final, la toma de decisiones con fundamento matemático. La gráfica, por tanto, deja de ser solo un producto final escolar y se convierte en un medio explicativo y argumentativo.

5. Referencias y Bibliografía

- [1] Balcázar, A. R. S. (2024). *Significación de la función lineal y su uso en la toma de decisiones en proyectos de administración con alumnos del nivel superior*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ingeniería-Campus 1]. <https://surl.it/cscvhl>
- [2] Buendía, G. (2012). El uso de las gráficas cartesianas: Un estudio con profesores. *Educación matemática*, 24(2), 9-35.
- [3] Cantoral, R., & Farfán, R. (1998). Pensamiento y lenguaje variacional en la ingeniería. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 1(3), 3–19.
- [4] Cantoral, R., & Farfán, R. (2003). Matemática educativa: Una visión de su evolución. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 6(1), 27–40.
- [5] Cordero-Osorio, F. (2003). Lo social en el conocimiento matemático: Los argumentos y la reconstrucción de significados. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 16(1), 73–78.
- [6] Cordero-Osorio, F. (2006a). El uso de las gráficas en el discurso del cálculo escolar: Una visión socioepistemológica. En *Investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas: Un reporte iberoamericano* (pp. 265–286). Díaz de Santos; Comité Latinoamericano de Matemática Educativa A. C.
- [7] Cordero-Osorio, F. (2006b). La modellazione e la rappresentazione grafica nell'insegnamento-apprendimento della matematica. *La Matematica e la sua Didattica*, 20(1), 59–79.

- [8] Dos Santos, J. M. (2013). *Programación lineal y GeoGebra*. En XVI Jornadas para el Aprendizaje y la Enseñanza de las Matemáticas. Palma de Mallorca, España.
- [9] Falco, M., Núñez, I. J., Perea, L., Carlevari, R., & Tanzi, F. (2018). Herramienta software como soporte al proceso de enseñanza-aprendizaje de la programación lineal. En *Simposio Argentino de Enseñanza Superior en Informática (SAESI) – JAIIO 47*. Buenos Aires, Argentina.
- [10] García, M., Duró, N. R. C., & Sánchez, V. F. (2022). Programación lineal de dos variables en un curso en línea utilizando GeoGebra: Una experiencia de clase. *Revista do Instituto GeoGebra Internacional de São Paulo*, 11(2), 33–51.
- [11] Gutiérrez, S. I., & Parada, D. (2007). Caracterización de tratamientos y conversiones: el caso de la función afín en el marco de las aplicaciones. *Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá DC: Colombia*.
- [12] Napkin. (s.f.). *Napkin AI*. <https://www.napkin.ai/>.
- [13] Pajuelo, E. (2022). *Herramientas Informáticas para matemáticas generalidades, funciones, características, software matemático. Matlab, Geogebra y Cabrí, representaciones graficas. Manejo de datos en Software estadísticos para la investigación*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle]. <https://repositorio.une.edu.pe/handle/20.500.14039/10971>
- [14] Puente-Riofrío, M. I., & Gavilánez-Álvarez, O. D. (2018). *Programación lineal para la toma de decisiones*. Caracola Editores.
- [15] Reaño-Paredes, C. R. (2011). *Sistemas de inecuaciones lineales con dos incógnitas y problemas de programación lineal: Una mirada desde la teoría de situaciones didácticas* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- [16] Rizzo, K. A. (2024). El potencial de GeoGebra para acercar la programación lineal y la economía al aula. *Unión: Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 20(72).

- [17] Ruiz-Sandoval, T. R. (2024). *Aprendizaje sobre programación lineal en el área de matemática: Una propuesta pedagógica desde el enfoque basado en problemas* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].
- [18] Sousa, R. S., Furtado, C. J., & Horta, J. C. (2018). Resolução gráfica de um problema de programação linear utilizando a folha gráfica 3D do GeoGebra. *Revista do Instituto GeoGebra Internacional de São Paulo*, 7(2), 45–64.
- [19] Suárez, L. (2007). *Modelación–graficación: Una categoría para la matemática escolar. Resultados de un estudio socioepistemológico* [Tesis doctoral, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN].
- [20] Ugalde, V. B. (2025). *Modelo de toma de decisiones en el proceso de aprendizaje, basado en selección y secuenciación de acciones considerando diferentes perfiles*. [Tesis de maestría, Universitat Politècnica de Catalunya, Facultat de matemàtiques y estadística]. <https://hdl.handle.net/2117/449275>
- [21] Zulhendri, Arnawa, I. M., & Musdi, E. (2025). Improving students' mathematical connections in linear programming through a GeoGebra-supported local learning design based on realistic mathematics education. *Salud, Ciencia y Tecnología*, 5, 2292. <https://doi.org/10.56294/saludcyt20252292>.