

Proposal for a Longitudinal Study of Student Trajectories in University Programs

Diana Marcela Cardona-Román¹ ; Sara Cristina Guerrero² 

^{1,2} University of Los Llanos, Colombia, ¹dcardona@unillanos.edu.co, ²sguerrero@unillanos.edu.co

Abstract-- The educational process undertaken by students creates an ideal scenario for studying the educational trajectories of programs through longitudinal analyses. This type of analysis allows for the evaluation of trends and patterns in students' academic progression, as well as low graduation rates, the time taken to complete their professional studies, and high dropout rates. Each of these aspects should be studied by institutions to improve program quality, which is assessed through accreditation and registration processes. In Colombia, the average dropout rate at the higher education level is approximately 45%, while in Latin America, it is 50%. For this study, we proposed a mixed-methodological and longitudinal framework to analyze the academic trajectories of students in university programs. The finding from the implementation process, consolidation, refinement, and exploratory analysis of the information suggest the application of longitudinal predictive techniques involving covariates that contribute to explaining the survival rate and the risk of not achieving educational success.

Keywords-- Educational trajectory, retention, student dropout, STEM, longitudinal analysis.

Propuesta de un Estudio Longitudinal de la Trayectoria Estudiantil en Programas Universitarios

Diana Marcela Cardona-Román¹ ; Sara Cristina Guerrero² 

^{1,2} Universidad de los Llanos, Colombia, ¹ dcardona@unillanos.edu.co, ² sguerrero@unillanos.edu.co

Resumen— El proceso de formación emprendido por los estudiantes genera un escenario ideal para estudiar las trayectorias educativas de los programas por medio de análisis longitudinales. Este tipo de análisis permite evaluar la tendencia y los patrones de la progresión académica de los estudiantes, así como, las bajas tasas de graduación, los extratiempos para culminar el ciclo profesional emprendido y las altas tasas de deserción. Cada uno de estos aspectos deben ser estudiados por las instituciones con el propósito de mejorar la calidad de los programas; los cuales son evaluados desde los procesos de acreditación y registro calificado. A nivel de la educación superior en Colombia la tasa media de abandono es en promedio aproximadamente del 45% y a nivel de Latinoamérica del 50%. Este trabajo, propone un marco metodológico mixto y longitudinal para analizar las trayectorias académicas de estudiantes en programas de educación superior. Los hallazgos en el proceso de implementación, la consolidación, depuración y análisis exploratorio de la información sugiere la aplicación de técnicas predictivas de corte longitudinal que involucren covariables que contribuyan a explicar la tasa de supervivencia y el riesgo de no alcanzar el éxito educativo.

Palabras clave-- Trayectoria educativa, permanencia, deserción estudiantil, STEM, análisis longitudinal.

I. INTRODUCCIÓN

Estudiar la trayectoria educativa de las carreras universitarias implica considerar tanto el tiempo ideal definido por los lineamientos curriculares como el tiempo real que le demanda al discente para culminar su formación profesional [1]. Así mismo, se debe tener en cuenta la percepción que tienen los jóvenes sobre la dificultad del programa, ya que se constituye en un factor que incide directamente en la permanencia y las tasas de graduación [2].

El ideal de que los estudiantes alcancen el éxito académico en los tiempos reglamentarios implica tasas bajas de abandono universitario [3], [4], así como la garantía de que la calidad de los egresados responda a las necesidades del mercado laboral y a las competencias requeridas en un mundo globalizado.

Por otra parte, la educación superior es un derecho fundamental y se constituye en una alternativa estratégica para potencializar el desarrollo de las regiones y reducir la pobreza, en concordancia con las metas establecidas en los Objetivos del Desarrollo Sostenible y los Objetivos de desarrollo del Milenio [5].

Sin embargo, los programas que generalmente presentan altas tasas de abandono son los que demandan un alto dominio de los conceptos y las competencias matemáticas, y en programas con habilidades STEM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemática) constituyen el eje transversal que sustenta el desarrollo de la propuesta curricular y las competencias profesionales [2].

A nivel de Latinoamérica la tasa de abandono en promedio es del 50% y en Colombia la tasa de abandono por programa y en la cohorte de 2018 es de 33%, según el sistema de información para la prevención y análisis de la deserción en las instituciones de educación superior (SPADIES) del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN), teniendo en cuenta el área de conocimiento Ingeniería Arquitectura y Urbanismo, y Matemáticas y Ciencias Naturales. Además si se tiene en cuenta que el MEN tiene establecido que un estudiante tarda en promedio 14 semestres para culminar la carrera, aunque el ideal sería obtener la titulación en 10 semestres, se observa que más del 50% de los jóvenes no culminan con éxito la carrera emprendida [5]. En general, se observa que la deserción sigue siendo alta en el sistema educativo colombiano, además, en este escenario muestra que el ideal de ampliar la cobertura, de acuerdo con las políticas educativas establecidas por el MEN no garantiza que los estudiantes alcancen la titulación [6].

En el mismo sentido, la literatura demuestra que la deserción universitaria varía con el tiempo y depende del proceso histórico vivido por los estudiantes, influido por factores académicos y no académicos [4] o por factores académicos, económicos, institucionales y personales [7], [8].

En coherencia con lo anterior, es necesario que las IES analicen la trayectoria académica de sus programas. Esto permite identificar las fortalezas y las debilidades en términos del proceso de formación de los estudiantes, la malla curricular y la calidad de los programas, donde se evalúe conjuntamente la permanencia, la deserción y los tiempos de graduación, teniendo en cuenta el proceso histórico académico y su relación con las variables sociodemográficas.

De acuerdo con lo expuesto se propone la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo estudiar las trayectorias educativas de programas universitarios STEM por medio de análisis longitudinales?

El objetivo general del artículo es “proponer una metodología para estudiar las trayectorias educativas de los programas por medio de análisis longitudinales”. Los

objetivos específicos abordados: i) Describir cada uno de los momentos del diseño metodológico mixto y longitudinal propuesto. ii) Utilizar el diseño metodológico propuesto con un caso piloto de dos programas STEM.

II. TRAYECTORIA ACADÉMICA Y ESTUDIANTIL

Bravo Guerrero y colaboradores [1] definen la trayectoria académica desde el ideal contemplado en el currículo y la realidad del tiempo de finalización de la carrera emprendida por los estudiantes matriculados en un programa en una cohorte específica. Su análisis tiene en cuenta el tiempo de duración de la carrera, la regularidad de los estudios y el tiempo de terminación. El análisis de las trayectorias académicas se explica con respecto a la permanencia estudiantil, el abandono y las tasas de graduación. Por su parte, Mendoza [9] cita: que “la trayectoria educativa universitaria comprende analizar los logros obtenidos y la permanencia en la universidad”. Castro y Fonseca [10] la definen como “el recorrido de un estudiante desde el ingreso hasta la culminación de los estudios en la educación formal”.

El análisis de la trayectoria académica en estudiantes universitarios es un proceso dinámico con múltiples cambios en el tiempo. En particular, la deserción y la graduación generalmente se explican por factores tanto internos como externos al ambiente académico-social universitario. Entender la trayectoria académica demanda incorporar el factor temporal, la cual permite comprender el recorrido de los estudiantes semestre a semestre hasta culminar su formación profesional. Los principales métodos utilizados en estudios longitudinales incluyen modelos de supervivencia, modelos de Cox de riesgos proporcionales [11], modelos de riesgo [5]. También puede recurrirse a modelos de medidas repetidas, curvas de crecimiento o análisis multivariado [12], los cuales permiten estimar e identificar los factores explicativos de la permanencia, graduación o deserción estudiantil.

Los estudios de análisis de la trayectoria académica, apoyados de los modelos de regresión o técnicas de análisis multivariado, permiten estudiar la heterogeneidad del proceso educativo de los estudiantes universitarios a través del tiempo. Lo anterior teniendo en cuenta que todos los discentes no siguen el mismo ritmo; algunos avanzan conforme a lo esperado, otros lo hacen de manera más lenta o con interrupciones, y algunos, incluso, abandonan temporal o definitivamente sus estudios [13].

Por otra parte, la literatura analiza los procesos estudiantiles desde los propósitos de vida en las carreras STEM [14], incorporando el enfoque de género [15]; o centrándose en el rendimiento académico a lo largo de la carrera universitaria [16]. En este contexto, las carreras STEM resultan importantes por su contribución al desarrollo nacional, la competitividad global y el avance científico-tecnológico [17] por el abordaje de las trayectorias estudiantiles a partir de otra óptica.

III. ESTUDIOS LONGITUDINALES

Los estudios longitudinales implican la obtención de datos en varios momentos temporales, posibilitando identificar patrones de cambio, tendencias y secuencias de eventos no perceptibles a través de estudios transversales. El análisis descriptivo, multivariado y longitudinal facilita explicar el progreso individual y colectivo en aspectos como el compromiso académico, el rendimiento y la permanencia, así como la variabilidad inter e intraindividual, otorgan una visión integral del desarrollo educativo [13]. Por tanto, la implementación de métodos longitudinales en el análisis de la trayectoria universitaria es imprescindible para describir y comprender la complejidad temporal del proceso universitario, e identificar la tendencia que presenta el proceso de formación académica.

IV. RESULTADOS: PROPUESTA METODOLÓGICA

En aras de dar respuesta a la pregunta formulada y al objetivo general planteado para este artículo, se muestra una aproximación a la propuesta metodológica a partir del análisis exploratorio de la información entregada por la universidad.

Los estudiantes elegidos deben ser aquellos que hayan sentado su matrícula en los programas académicos universitarios identificados, obteniendo variables sociodemográficas y académicas.

La propuesta metodológica es flexible en cuanto a la disponibilidad de datos, al contar con datos de percepción se propone un diseño metodológico mixto (cuantitativo-cualitativo) [18]. En caso de no contar con esos datos de percepción, se insta al investigador a seguir de manera exclusiva el análisis cuantitativo.

El análisis cuantitativo permite describir la trayectoria en el tiempo, con la aplicación de técnicas estadísticas e inferenciales o de técnicas de aprendizaje automático (*machine learning*) las cuales permiten analizar el seguimiento en función de la cohorte de estudio. Además, se propone estudiar la relación de la trayectoria académica con las variables sociodemográficas y académicas, para explicar el comportamiento desde el tiempo ideal contemplado para la finalización de la carrera emprendida y lo que realmente dura según datos empíricos.

En cuanto al enfoque cualitativo se fundamenta a partir de las encuestas de percepción que deben ser diligenciadas por los estudiantes al iniciar su ciclo universitario, cuando esté en mitad de la carrera y cerca de finalizar la misma para tener la trazabilidad, permitiendo así comprender y analizar la eficiencia terminal y la reprobación de asignaturas.

De manera complementaria se propone que el análisis sea enriquecido con un estudio de tipo descriptivo explicativo, por medio de métodos longitudinales a partir de los registros históricos académicos de los estudiantes, que les ayude a soportar la triangulación de los datos. Teniendo en cuenta que “la trayectoria académica ideal está dada por los créditos que han sido planificados para cada periodo académico en cada carrera, esto consta en el plan curricular; mientras, la trayectoria académica real muestra el ritmo al que los

estudiantes aprueban los créditos en su permanencia académica” [1].

A. Diseño metodológico propuesto:

El diseño metodológico mixto-longitudinal se propone para ser desarrollado en tres momentos, el primero, revisión de literatura y consolidación de los datos y teniendo en cuenta las variables académicas y sociodemográficas de los estudiantes. El segundo momento, realiza el análisis cuantitativo de la trayectoria estudiantil de acuerdo con los eventos de abandono, graduación o permanencia en el sistema y con otras variables a vincular, siguiendo uno o más modelos estadísticos. El tercer momento es opcional y profundiza sobre el análisis cualitativo para realizar la triangulación de la información [18].

1) Momento 1: Fundamentación y Consolidación de Datos

Este primer momento se debe centrar en la preparación de la base técnica y documental del estudio.

- Revisión de literatura: Realizar una búsqueda exhaustiva para sustentar las variables académicas y sociodemográficas relevantes.
- Selección de programas y mallas: Identificar los programas dentro de las áreas STEM y obtener sus mallas curriculares para entender el "tiempo ideal" de formación.
- Definición de la cohorte: Seleccionar un periodo de estudio de 5 años para garantizar la trazabilidad completa de los estudiantes.
- Obtención de registros: Consolidar la información de los estudiantes matriculados, integrando sus datos históricos con variables sociodemográficas.

2) Momento 2: Análisis Cuantitativo de la Trayectoria

En este momento se aplica el rigor estadístico para describir el comportamiento real de los estudiantes en el tiempo.

- Completitud de datos: Complete los datos de su estudio longitudinal.
- Procesamiento estadístico: Use herramientas como SPSS, R-studio o Python para el modelamiento longitudinal.
- Aplicación de modelos: Seleccione los modelos que requiera para estimar la permanencia, deserción y graduación. De un lado se tiene técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales: modelos de Cox de riesgos proporcionales, modelos de supervivencia, curvas de crecimiento. De otro las técnicas de aprendizaje automático: random forest, regresiones y otros.

- Análisis de tendencias: Compare el tiempo ideal de la carrera frente al tiempo real de finalización, analice la progresión de los cursos bajo las dimensiones STEM y la relación con las variables sociodemográficas.

3) Momento 3: Análisis Cualitativo y Triangulación (opcional)

Este momento profundiza sobre el análisis cualitativo y la triangulación de los datos para ofrecer una visión integral.

- Encuestas de percepción: Si tiene encuestas diligenciadas por los estudiantes al inicio de su ciclo de formación analícelas e incluya seguimientos periódicos del desempeño para comprender las expectativas frente a la realidad del programa.
- Análisis de contenido: Aplique técnicas cualitativas para interpretar las percepciones sobre la eficiencia terminal y la reprobación de asignaturas.
- Triangulación de la información: Siga el enfoque de un autor de métodos mixtos y cruce los hallazgos cuantitativos con los cualitativos. Esto permitirá identificar fortalezas y debilidades en la malla curricular y explicar la heterogeneidad del proceso educativo.

B. Análisis de la información:

Puede hacerse uso de SPSS, R-studio o Python para describir las trayectorias, establecer el modelamiento longitudinal [19] y determinar la relación entre las variables socio demográficas y académicas en cada uno de los programas seleccionados. Puede realizar un análisis de contenido [20] con los datos de la encuesta percepción con el propósito de comprender el ideal que tenían de los estudiantes al iniciar y el recorrido hecho en el programa emprendido. Posteriormente, realice la triangulación de la información [18].

IV. RESULTADOS PRELIMINARES (CASO PILOTO)

Siguiendo la metodología propuesta (sin el momento 3), se realiza un análisis cuantitativo exploratorio, para ello se seleccionaron de la Universidad de los Llanos (Unillanos) los programas de pregrado de la Escuela de Ingeniería de la Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, a saber, Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Electrónica, que se asocian a programas STEM. Para el análisis de las trayectorias se definió una cohorte de trabajo con cinco años (2018-1) y se obtuvo los registros de manera oficial de los sistemas de información institucionales.

Dentro de la aplicación de modelos para realizar el proceso de exploración de la información, se seleccionó el modelo de Kaplan-Meier [21] que analiza las curvas de supervivencia de los estudiantes, como una herramienta estadística no paramétrica, en otras palabras, analiza la

'persistencia' de un estudiante en su programa de estudios. La curva muestra la probabilidad de que un estudiante 'sobreviva' o permanezca matriculado o no experimente el evento de abandono/graduación más allá de un cierto punto en el tiempo.

En la Fig. 1 se presenta la curva de supervivencia general de los estudiantes de los programas STEM seleccionados, en ella se explica que el tiempo de supervivencia por semestres tiene una mediana de 5 para la cohorte 2018-1, es decir, el 50% de los estudiantes persisten durante al menos 5 semestres, antes de presentar cualquiera de los eventos de abandono o graduación. También que hay estudiantes que toman un máximo de 17 semestres antes de culminar con éxito su programa. La figura también explica que las tasas de deserción para la cohorte están en un poco por encima del 60 % aproximadamente, superando los datos reportados por el MEN para la misma cohorte analizada [6].

La Fig. 2 muestra la curva de supervivencia de Kaplan-Meier por programas y por cohorte, estas curvas surgieron que, en general, los patrones de permanencia y matrícula son similares entre los dos programas. La cohorte 2018-1 para el programa de Ingeniería de Sistemas tiene una mayor persistencia luego de quinto semestre, mientras que el programa Ingeniería Electrónica en la misma cohorte tiene una persistencia más baja.

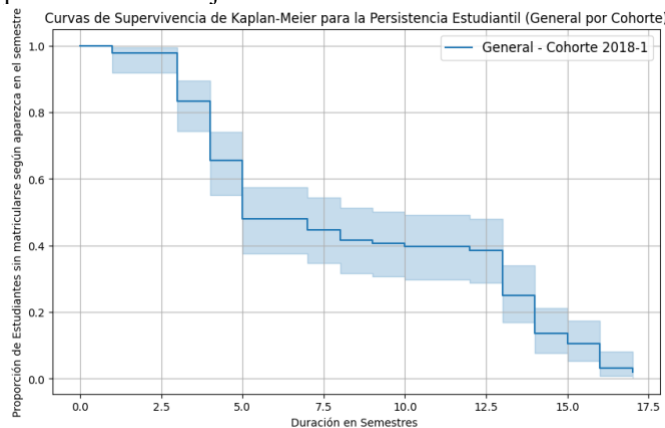


Fig. 1 Curva de supervivencia de Kaplan-Meier en general de los estudiantes de los programas de la Escuela de Ingeniería de la FCBI/Unillanos en la cohorte 2018-1.

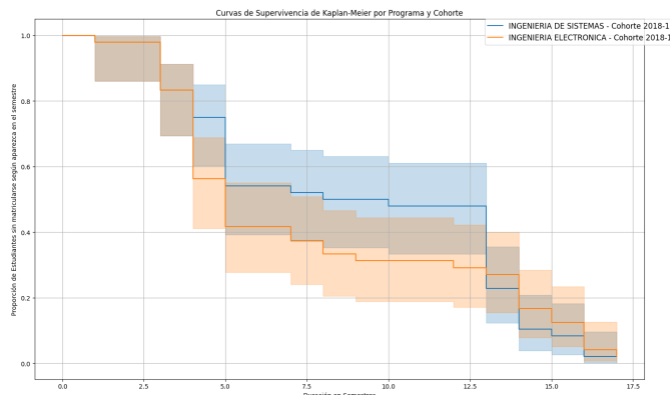


Fig. 2 Curva de supervivencia de Kaplan-Meier por programas de la Escuela de Ingeniería de la FCBI/Unillanos en la cohorte 2018-1.

Al censurar los otros datos de estados para considerar el evento de graduación, se presenta en la Fig. 3 de manera general por la cohorte y en la Fig. 4 de manera particular por programa en la cohorte. Estas curvas muestran la probabilidad de no salir del sistema por el estado 'Graduación', en estas figuras es claro que los primeros graduados se observan en el semestre 12, aunque son pocos los estudiantes que cumplen el evento. La mediana de la graduación está en 14 semestres, lo que confirma los datos provistos por el MEN en Colombia [5].

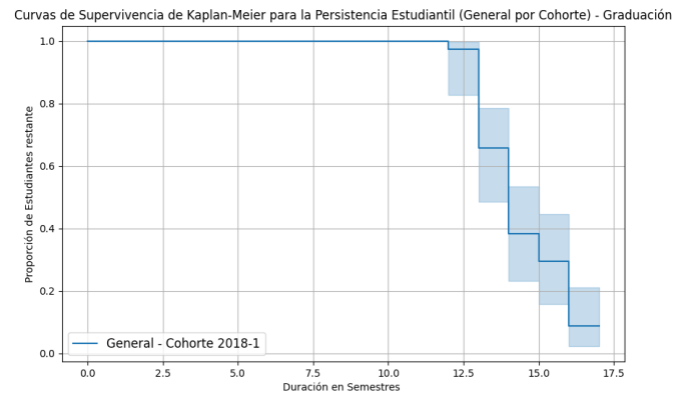


Fig. 3 Curva de supervivencia de Kaplan-Meier por la cohorte 2018-1 en el evento de graduación.

Al analizar las curvas de la Fig. 4, se evidencia que los estudiantes de Ingeniería Electrónica inician primero el evento de graduación, pero un mayor número de estudiantes tardan más en experimentar el evento, mientras que los estudiantes de Ingeniería de Sistemas, aunque se demoran un semestre más en experimentar el evento graduación (semestre 13) tienden a graduarse en mayor número en un tiempo más corto.

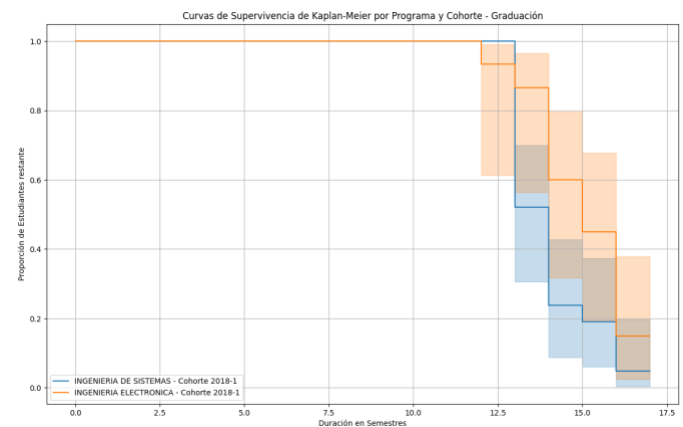


Fig. 4 Curva de supervivencia de Kaplan-Meier por cohorte 2018-1 y programas en el evento graduación.

V. A MODO DE CIERRE

El estudio de la trayectoria educativa universitaria puede revelar brechas persistentes entre el tiempo ideal estipulado en los currículos y el tiempo real que los discentes emplearon para culminar su formación. Se evidencia con el caso piloto que el tiempo real de graduación en dos programas STEM varía de 12 semestres a 17 semestres.

La deserción es un fenómeno dinámico y multicausal, influenciado por factores académicos, económicos, personales e institucionales, cuya interacción a lo largo del tiempo determina la permanencia o el abandono, por lo que tener datos históricos y cualitativos puede hacer que se tengan mejores explicaciones de las causas de abandono o de demora del estudiante en culminar su carrera.

A pesar de los esfuerzos por ampliar la cobertura educativa en Colombia, las tasas de abandono continúan siendo elevadas, en todo el sistema educativo. En Colombia la deserción por cohorte en el 2018 (semestre 1 y 2) fue de 31% y 34.7%, respectivamente. Para el 2019 (semestre 1 y 2) fue de 31.22% y 34.47%. Para el 2020-1 (reporte al 8vo periodo) fue de 31.26% y 7mo semestre) y 2020-2 (reporte del 7mo periodo) fue 36.13%. El 2021-1 fue de 31.46% y 2021-2 la deserción fue de 33.13% según datos del Ministerio de Educación Colombiano (MEN) en 2025 [5][6].

Estudiar las trayectorias educativas en programas STEM, puede incorporar otro aspecto de complejidad a analizar, por lo general dado por el nivel de exigencia en competencias matemáticas, que tradicionalmente se ha identificado como un factor crítico que incide directamente en la pérdida de la condición de estudiante, de allí el interés en abordarlo.

La propuesta para implementar métodos de análisis longitudinales posibilita la comprensión de la complejidad temporal de la vida universitaria, lo que puede traer una ventaja sobre los estudios transversales, especialmente, al capturar patrones de cambio y secuencias de eventos intersemestrales. La propuesta metodológica mixta permitirá, a través de la triangulación de datos cuantitativos y encuestas de percepción cualitativas, identificar debilidades en la malla curricular y en el proceso de formación que afectaron la eficiencia terminal, además de ser un indicador para evaluar la capacidad del sistema educativo para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, destacando la necesidad de que las instituciones analicen sus registros históricos de manera sistemática para diseñar estrategias que aseguren la graduación efectiva frente a las demandas del mercado globalizado.

La aplicación de la metodología propuesta con un caso piloto permite, además, de darle validez a la propuesta del diseño metodológico, analizar datos reales. La selección del modelo de curvas de supervivencia Kaplan-Meier se considera una herramienta útil para visualizar y cuantificar la persistencia estudiantil a lo largo del tiempo, permitiendo identificar patrones, comparar el desempeño entre grupos y estimar la duración media de permanencia en los programas.

El principal aporte de este trabajo es que este marco metodológico podría aplicarse sobre otros contextos y

realidades educativas. De este modo, se tiene marco analítico transferible a otros estudios.

AGRADECIMIENTO/RECONOCIMIENTO

Las autoras agradecen a la Dirección General de Investigaciones de la Universidad de los Llanos por su apoyo con el proyecto código C07-02-2026-027.

REFERENCIAS

- [1] F. E. Bravo Guerrero, L. Illescas-Peña, y M. P. Peña Ortega, "Trayectoria Académica de Estudiantes Universitarios," *Podium*, no. 37, pp. 27-42, 2020, doi: 10.31095/podium.2020.37.3.
- [2] S. C. Guerrero, *Deserción universitaria: Políticas y vivencias de docentes y estudiantes en una universidad colombiana (2010-2017)*. Tunja, Colombia: Editorial UPTC, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://librosaccesoabierto.uptc.edu.co/index.php/editorial-uptc/catalog/view/293/265/6247>.
- [3] S. C. Guerrero y D. E. Soto Arango, "La política educativa en torno a la masificación de la educación superior y su relación con el abandono universitario en Colombia," *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*, vol. 21, no. 32, pp. 109-136, 2019, doi: 10.19053/01227238.9201.
- [4] J. P. Salazar-Fernandez, M. Sepúlveda, J. Munoz-Gama, y M. Nussbaum, "Curricular Analytics to Characterize Educational Trajectories in High-Failure Rate Courses That Lead to Late Dropout," *Applied Sciences*, vol. 11, no. 4, p. 1436, 2021, doi: 10.3390/app11041436.
- [5] B. A. Castro-Montoya, C. M. Lopera-Gómez, R. D. Manrique-Hernández, y D. Gonzalez-Gómez, "Modelo de riesgos competitivos para deserción y graduación en estudiantes universitarios de programas de pregrado de una universidad privada de Medellín (Colombia)," *Formación universitaria*, vol. 14, no. 1, pp. 81-98, 2021, doi: 10.4067/S0718-50062021000100081.
- [6] Ministerio de Educación Colombiano, "SPADIES - Sistema para la Prevención y Análisis de la Deserción en las Instituciones de Educación Superior," 2025. [En línea]. Disponible en: <https://spadies3.mineducacion.gov.co/spadiesWeb/#/app/consultas>.
- [7] G. R. Q. Canales, "Causas Críticas de la Deserción Universitaria en el Perú y en Latinoamérica: Un Análisis Documental y Contratación Institucional," *Paideia XXI*, vol. 15, no. 1, pp. 43-59, 2025, doi: 10.31381/paideiaxxi.v15i1.7782.
- [8] E. Himmel, "Modelo de análisis de la deserción estudiantil en la educación superior," *Calidad en la Educación*, no. 17, Art. 17, 2002, doi: 10.31619/caledu.n17.409.
- [9] J. Mendoza González, "conceptualización de las 'trayectorias escolares' como vectores," *A&H Revista de Artes, Humanidades y Ciencias Sociales*, no. 6, pp. 59-72, 2017.
- [10] L. A. Castro Ordóñez y E. Fonseca Aguilar, "Perfil de ingreso y trayectoria académica de los estudiantes de la cohorte 2017 de la universidad pedagógica nacional," *Paradigma: Revista de Investigación Educativa*, vol. 28, no. 46, pp. 63-92, 2021.
- [11] A. Martínez-González, M. García-Minjares, E. R. Buzo-Casanova, C. Gutiérrez-Cirlos, J. A. Vargas-Castillo, y M. Sánchez-Mendiola, "Trayectorias académicas como herramienta para identificar factores que afectan la regularidad en estudiantes de medicina," *Gaceta médica de México*, vol. 160, no. 6, pp. 662-670, 2024, doi: 10.24875/gmm.24000335.
- [12] S. C. Guerrero y Ó. O. Melo, "Optimización de curvas de crecimiento a través de análisis univariado," *Revista Colombiana de Estadística*, vol. 31, no. 2, pp. 193-209, 2008.
- [13] L. M. Marchena Madera y M. Medrano Gómez, "Trayectoria académica universitaria: Un estudio longitudinal en el programa de Licenciatura en Matemáticas de la Universidad de Córdoba," Trabajo de grado, Dept. Matemáticas y Estadística, Univ. de Córdoba, Montería, Colombia, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/7418>.

- [14]Y. López-Angulo, F. Sáez-Delgado, y J. Mella-Norambuena, "Propósitos de vida y académicos en estudiantes universitarios chilenos de carreras STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, y Matemáticas)," *Formación universitaria*, vol. 17, no. 2, pp. 83-100, 2024, doi: 10.4067/s0718-50062024000200083.
- [15]I. W. AlHmoud, S. Poudel, S. Deshmukh, C. S. Booth, G. Monty, y M. Bikdash, "Importance of alternative pathways to STEM through analysis of longitudinal student dataset," *Discover Education*, vol. 3, no. 1, p. 134, 2024, doi: 10.1007/s44217-024-00220-9.
- [16]V. Seyranian, A. Madva, N. Duong, N. Abramzon, Y. Tibbetts, y J. M. Harackiewicz, "The longitudinal effects of STEM identity and gender on flourishing and achievement in college physics," *International Journal of STEM Education*, vol. 5, no. 1, p. 40, 2018, doi: 10.1186/s40594-018-0137-0.
- [17]T. Li, C. Kirk, y L. Oseguera, "STEM Career as a Pathway: Stability and Dynamics of Students' STEM Occupational Intention After High School," *The Journal of Higher Education*, vol. 96, no. 5, pp. 804-829, 2025, doi: 10.1080/00221546.2024.2406734.
- [18]Plano Clark, V. L., Huddleston-Casas, C. A., Churchill, S. L., O'Neil Green, D., Garrett, A. L. (2008). Mixed methods approaches in family science research. *Journal of Family Issues*, 29(11), 1543-1566. by SAGE Publications Inc.
- [19]D. Hosmer, S. Lemeshow, y S. May, *Applied Survival Analysis: Regression Modeling of Time-to-Event Data*. Hoboken, NJ, EE. UU.: John Wiley, 2008. [En línea]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470258019>
- [20]M. Valles, *Técnicas cualitativas de investigación social*. Madrid, España: Síntesis Editorial, 2000.
- [21]L. J. A. Stalpers y E. Kaplan, "Edward L. Kaplan and the Kaplan-Meier Survival Curve," *Journal BSHM Bulletin: Journal of the British Society for the History of Mathematics*, vol. 33, no. 2, pp. 109-135, 2018, doi: 10.1080/17498430.2018.1450055.
- [22]L. Pangeni, "Markov Chain Analysis and Eigenvector/Eigenvalue Problem: A Powerful Tool for Reliability Engineering.", 2026. [En línea]. Disponible en: <https://accendoreliability.com/markov-chain-analysis/>