

Sistema de semaforización para el tamizaje del estudiantado de nivel superior en riesgo de reprobación en matemáticas


Elena Elsa Bricio-Barrios

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Colima

 0000-0002-1260-9740


Martha Cecilia Ramírez-Guzmán

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Colima

 0009-0007-3834-0640


Santiago Arceo-Díaz

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Colima

 0000-0002-7085-3653

Alicia Olvera-Montejano

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Colima

 0009-0000-2595-5506

Pablo Mendoza-Castellanos

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Colima

Elvia Lorena Torres-Alejandre

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Colima

Ana Rosa Virgen-Soriano

Instituto Politécnico Nacional CICATA Legaria

Recibido: 09 de marzo de 2026 | Aceptado: 17 de marzo de 2026 | Publicado en línea: 19 de marzo de 2026 |

Resumen: El índice de no acreditación en asignaturas universitarias de matemáticas es una de las principales causas de deserción escolar. Además, la matrícula de nuevo ingreso crece cerca de 3% anual, limitando al docente la identificación a tiempo del estudiantado en riesgo de rezago y de no alcanzar las competencias esperadas de asignaturas de matemáticas universitarias. Por tanto, un sistema de semaforización que funcione como tamizaje práctico permitirá priorizar el acompañamiento académico. En este estudio se diseñó y validó un modelo semaforizado mediante árboles de decisión; las variables de entrada fueron las dimensiones de la escala de habilidades sociales y la salida fue la resiliencia académica en el aprendizaje de

las matemáticas. El modelo reportó una capacidad de predicción del 89 %, y, mediante la generación de muestras sintéticas por *bootstrap* elevó el desempeño a 92 %. Los resultados muestran que la baja resiliencia se asocia con desmotivación, rigidez cognitiva y tendencia al aislamiento. Finalmente, este modelo se codificó en una app web gratuita que permite al docente identificar mediante preguntas con respuesta dicotómica si un estudiante requerirá acompañamiento académico adicional.

Palabras clave: resiliencia matemática; habilidades sociales; modelo predictivo; deserción escolar, árbol de decisión.

Title: *Traffic-light system for screening higher-education students at risk of failing university-level mathematics courses.*

Abstract: The failure rate in university-level mathematics courses is one of the main causes of student dropout. In addition, new student enrollment grows by nearly 3% each year, which limits instructors' ability to identify early enough students at risk of falling behind and of not achieving the expected competencies in university mathematics courses. Therefore, a traffic-light system designed as a practical screening tool can help prioritize academic support. In this study, we designed and validated a traffic-light model using decision trees. The input variables were the dimensions of a social skills scale, and the output was academic resilience in learning mathematics. The model reported a predictive accuracy of 89%, and, through the generation of synthetic samples via bootstrapping, performance increased to 92%. The results show that

Cómo citar:

Bricio-Barrios, E. E., Ramírez-Guzmán, M. C., Arceo-Díaz, S., Olvera-Montejano, A., Mendoza-Castellanos, P., Torres-Alejandre, E. L., & Virgen-Soriano, A. R. (2026). Sistema de semaforización para el tamizaje del estudiantado de nivel superior en riesgo de reprobación en matemáticas. *Revista Multidisciplinaria de Ciencia Básica, Humanidades, Arte y Educación*, 4(16), 48-55. DOI 10.5281/zenodo.19104080 [[.RIS](#)]

© Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional.

low resilience is associated with demotivation, cognitive rigidity, and a tendency toward social withdrawal. Finally, this model was implemented as a free web app that allows instructors to identify through dichotomous (yes/no) questions students who may require additional academic support.

Keywords: mathematics resilience; social skills; predictive model; school dropout; decision tree.

Introducción

Tras dos años de confinamiento voluntario por la pandemia COVID-19, se hizo evidente que los estudiantes universitarios tenían notorias deficiencias en las habilidades sociales entre sus pares. El aislamiento prolongado y la transición abrupta hacia modelos de educación a distancia, no planificados, limitaron las oportunidades de interacción, afectando el desarrollo de competencias clave como la comunicación, el trabajo en equipo y la resolución colaborativa de problemas y la construcción de redes de apoyo fueron fuertemente afectadas en su rendimiento académico, especialmente en disciplinas que requieren pensamiento lógico y estructurado, como las ciencias exactas (Morlett, 2023). Además, el aislamiento voluntario limitó el desarrollo de habilidades y capacidades adecuadas que fortalezcan los recursos internos asociados a la resiliencia y las habilidades sociales (Llopis et al. 2022).

Al concluir la emergencia sanitaria, en el Tecnológico Nacional de México campus Colima se implementaron diversos esquemas pedagógicos tradicionales de apoyo para el estudiantado, por ejemplo: la inclusión de modelos de acompañamiento grupal docente-alumnado en modalidad de cursos de regularización entre semana y en modalidad sabatina, programas de acompañamiento tutorial individualizadas, asesorías académicas y talleres de reforzamiento de conocimientos una semana previa a evaluaciones de segunda oportunidad que, en caso de no acreditar el estudiante deberá recurrir la asignatura.

Por otro lado, se propusieron estrategias tecnológicas que fortalecieran la capacidad de resolución de problemas matemáticos como el uso de TICs (Arceo et al. 2020), retos lúdicos basados en Reels o videos virales y la comunicación en tiempo real con sistemas de Inteligencia Artificial Generativa (Bricio et al. 2024).

Ambas propuestas institucionales reportaron que el estudiantado de alto desempeño logró consolidar un perfil más reflexivo y coherente. Los alumnos regulares mejoraron su pensamiento crítico, en cambio, los participantes con mayor rezago no reportaron cambios significativos, poniendo en riesgo su permanencia en su carrera universitaria.

Aunado a esto, tras la pandemia hubo un repunte de estudiantes matriculados de primer ingreso, alcanzando un crecimiento sostenido del 3 % anual a nivel nacional. Es decir, por cada 100 estudiantes que se incorporan, tres más se añaden año con año (INEGI, 2024). Esta tendencia implica un desafío estructural: mientras se habilitan nuevos espacios, las aulas han incrementado su aforo hasta niveles de saturación física.

Si bien todas las personas mexicanas tienen por derecho constitucional el acceso a la educación, la UNESCO (2014) ha advertido que, para asegurar una educación universitaria de calidad, las aulas no deben exceder los 20 estudiantes. En contraste, actualmente existen grupos con hasta 42 estudiantes, lo que limita la capacidad del docente para identificar a tiempo a quienes se encuentran en riesgo de no acreditar la asignatura.

Tomando en consideración lo anterior, este estudio diseñó un sistema de semaforización del perfil del estudiante basado en las habilidades sociales para identificar la capacidad de resiliencia frente a las matemáticas. Esta propuesta se realizó mediante la creación del modelo predictivo y su validación, así como una app web de libre acceso que permita al usuario detectar, de forma anticipada, quienes están en riesgo de no acreditar las asignaturas base como matemáticas, antes de que se apliquen las evaluaciones sumativas o que haya concluido el semestre.

Metodología

Participantes. Se realizó un estudio transversal con estudiantes adscritos al Tecnológico Nacional de México, campus Colima. Las encuestas fueron compartidas mediante un muestreo no probabilístico simple, en el cual el docente que impartía la asignatura invitó a su grupo de estudiantes a participar voluntariamente.

La recolección de los datos se llevó a cabo en dos etapas: i) la generación del modelo predictivo, que requirió la participación de estudiantes de las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Industrial, Ingeniería Bioquímica e Ingeniería en Gestión Empresarial, pertenecientes a segundo y cuarto semestre del periodo enero-junio 2025; y ii) la validación del modelo, realizada con la participación de un segundo grupo de estudiantes de las mismas carreras, pero inscritos en primer y tercer semestre del periodo agosto-diciembre 2025.

La selección de estos semestres y programas académicos se basó en la accesibilidad de los grupos y en la representatividad de cohortes pertenecientes a generaciones cuya transición entre la educación secundaria y el bachillerato ocurrió durante la pandemia por COVID-19 y su posterior regreso a la nueva normalidad.

Herramientas. Para la selección de las encuestas se tomó en cuenta el rango de edad de los participantes (17 a 25 años) y se priorizaron instrumentos validados con una cantidad moderada de ítems, tiempo para responder menor a 15 min, opciones de respuesta tipo Likert con cuatro niveles de frecuencia y la inclusión de preguntas con sentido inverso, lo que permitió identificar si los participantes leyeron cuidadosamente cada cuestionamiento antes de seleccionar la respuesta (Matas, 2018).

Tras la revisión de la literatura, se seleccionaron dos instrumentos validados: la Escala de Habilidades Sociales de Gismero (2002) y la Escala de Resiliencia en el Aprendizaje de las Matemáticas de Lee y Johnston-Wilder (2010).

La Escala de Resiliencia en el Aprendizaje de las Matemáticas, fue diseñada para personas de 15 años en adelante, está conformada por 10 ítems, uno de los cuales tiene formulación inversa. Las respuestas se expresan en una escala tipo Likert con cinco opciones: Nunca, Raramente, A veces, A menudo y Siempre. Esta herramienta permite explorar tres dimensiones principales: perseverancia (R1), confianza (R2) y valentía (R3) ante los desafíos en las actitudes y percepciones del aprendizaje matemático. En este instrumento, un mayor puntaje global indica un nivel superior de resiliencia académica.

Por su parte, la Escala de Habilidades Sociales, diseñada para jóvenes y adultos, está compuesta por 33 ítems, de los cuales cinco presentan formulación inversa. Utiliza una escala de respuesta tipo Likert con cuatro niveles: No me identifico, en la mayoría de las veces no me ocurre o no lo haría; No tiene que ver conmigo, aunque alguna vez me ocurra; Me describe aproximadamente, aunque no siempre actúe o me sienta así; y Muy de acuerdo, me sentiría o actuaría así en la mayoría de los casos. Evalúa seis dimensiones relacionadas con la interacción social: autoexpresión en situaciones sociales (HS1), defensa de los propios derechos como consumidor (HS2), expresión de enfado o disconformidad (HS3), capacidad para decir “no” y cortar interacciones (HS4), habilidad para hacer peticiones (HS5) e iniciar interacciones positivas con el sexo opuesto (HS6). El diagnóstico primario de esta escala se basa en percentiles, considerando desempeño bajo cuando el puntaje se encuentra por debajo del percentil 25, medio entre los percentiles 26 y 75, y alto entre los percentiles 76 y 100.

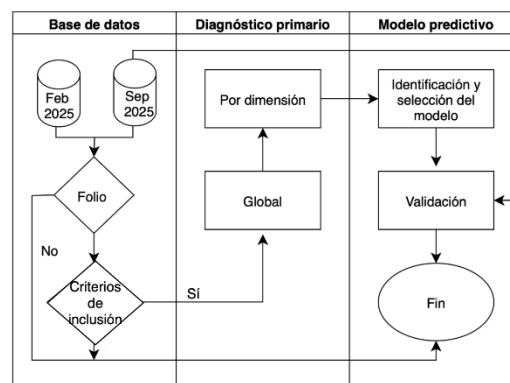
Cada encuesta fue migrada a la plataforma de libre acceso Google Forms, donde se incluyó la descripción correspondiente y se solicitó el consentimiento informado, garantizando en todo momento la confidencialidad de los diagnósticos primarios. En caso de negarse, se mostraba un mensaje de agradecimiento y se les pedía permanecer en silencio en su lugar hasta que el resto de sus compañeros terminaran la actividad. Aquellos que aceptaron participar completaron las

secciones de número de control escolar y sexo, para después proceder a responder cada una de las escalas.

El procesamiento de las bases de datos se realizó mediante la plataforma de libre acceso Google Colab, la cual utiliza el lenguaje de programación Python para la carga, depuración, análisis estadístico y creación de modelos predictivos. Esta herramienta opera en la nube, por lo que no requiere un equipo de cómputo con alta capacidad de procesamiento (Candel, 2022).

Procedimiento. Con las bases de datos de las respuestas de los participantes de ambos períodos, se desarrolló una metodología modular. Los detalles de estas tres fases se muestran en la Figura 1.

Fig. 1. Diagrama de flujo de para el procesamiento, depuración de datos para la creación y validación del modelo predictivo.



Base de datos. El proceso inicia con las bases de datos en formato .xlsx, que contienen las respuestas a la encuesta de resiliencia en el aprendizaje de las matemáticas y a la Escala de habilidades sociales, aplicadas en el mes de febrero del año 2025. Previo al análisis, se realizó un proceso de coincidencia de direcciones de correo electrónico institucional, lo que permitió integrar en una sola tabla los resultados de ambas escalas. En caso de que un participante respondiera únicamente una de ellas, su registro fue descartado. Posteriormente, los estudiantes que completaron ambas encuestas pasaron por un filtro para detectar respuestas automáticas o de cumplimiento mínimo. Para ello, se calculó la desviación estándar intrapersona por participante y se descartaron aquellos registros cuyo valor se ubicó por encima del percentil 10 de la distribución. A continuación, se utilizó la escala de habilidades sociales como variable de entrada y la resiliencia como variable de salida, por lo que se normalizaron ambas escalas mediante Z-score para hacer comparables sus magnitudes. Finalmente, los registros no sospechosos fueron procesados para generar un diagnóstico primario de habilidades sociales y resiliencia, de acuerdo con las indicaciones de los autores originales de las escalas.

Diagnóstico primario. Se construyó una matriz de correlación considerando los niveles de intensidad (bajo, medio y alto) de las escalas de habilidades sociales y resiliencia, con el fin de conocer la distribución de los diagnósticos primarios entre los participantes y establecer los niveles de riesgo del semáforo. Además, se realizó una prueba de correlación de Spearman entre variables con el objetivo de identificar la correlación lineal o no lineal y proponer el modelo predictivo más adecuado para representar la relación entre ambos constructos.

Modelo predictivo. Se identificó y seleccionó el modelo predictivo que permita usar como variables de entrada los cuestionamientos más relevantes de habilidades sociales y de salida la capacidad de resiliencia en el aprendizaje de las matemáticas. Para validar el modelo, se invitó a otro grupo de estudiantes en el mes de septiembre del año 2025 a responder ambas escalas.

Resultados

Bases de datos. De un total de 240 participantes registrados en el periodo enero-junio 2025, 218 estudiantes respondieron la encuesta de Resiliencia y 208 la de Habilidades Sociales. Tras el proceso de depuración, se obtuvo una muestra final de 199 participantes para la construcción del modelo.

Para la validación del modelo, se registraron 160 estudiantes que respondieron la encuesta de Resiliencia y 130 la encuesta de Habilidades Sociales del periodo agosto-diciembre 2025. Este grupo fue sometido al mismo proceso de depuración, obteniendo una muestra final de 111 respuestas válidas.

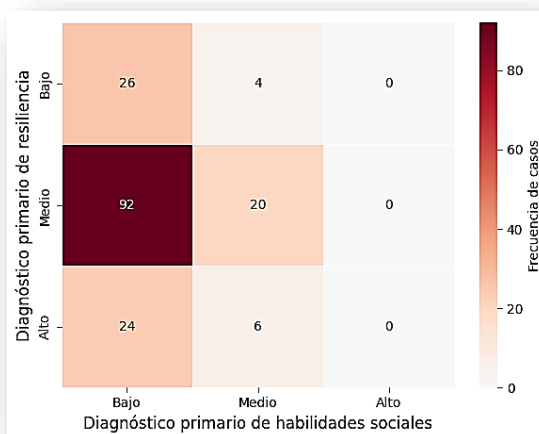
Para evaluar la calidad y fiabilidad de las respuestas obtenidas en ambos periodos, se aplicó la prueba de alfa de Cronbach (Molina et al. 2013) siguiendo las mismas condiciones de aplicación (instrucciones, herramientas digitales, tipo de participantes y tiempo de respuesta). En el periodo enero-junio, los resultados indicaron una consistencia interna buena para la escala de Habilidades Sociales ($\alpha = 0.8777$) y aceptable para la escala de Resiliencia ($\alpha = 0.770$), lo que sugiere respuestas homogéneas y coherentes entre los ítems de cada constructo. En contraste, los datos correspondientes al periodo agosto-diciembre mostraron un $\alpha = 0.639$ para Habilidades Sociales y $\alpha = 0.845$ para Resiliencia, lo que representa una consistencia interna cuestionable y buena, respectivamente. Estos resultados indican que, si bien las respuestas de la escala de Resiliencia mantuvieron estabilidad, la variabilidad observada en los ítems de Habilidades Sociales podría reflejar una menor concentración o comprensión de las preguntas por parte de los participantes, comprometiendo la confiabilidad del conjunto de datos.

Tomando en consideración las recomendaciones metodológicas de Molina et al. (2013) quienes establecen

que valores de $\alpha \geq 0.7$ reflejan una consistencia aceptable y $\alpha < 0.7$ deben interpretarse con precaución, se decidió no utilizar los registros del periodo agosto-diciembre para el análisis de este estudio. En su lugar, la validación del modelo predictivo se abordó mediante la técnica de aprendizaje automático conocida como *bootstrap*, la cual se describe en la siguiente sección.

Diagnóstico primario. Con los registros depurados de enero-junio de 2025, la Figura 1 presenta un mapa de calor que compara los diagnósticos primarios de Habilidades Sociales y Resiliencia, con el propósito de identificar posibles patrones o asociaciones cualitativas entre ambas dimensiones.

Fig. 2. Diagrama de calor que correlaciona los diagnósticos primarios de las escalas evaluadas.



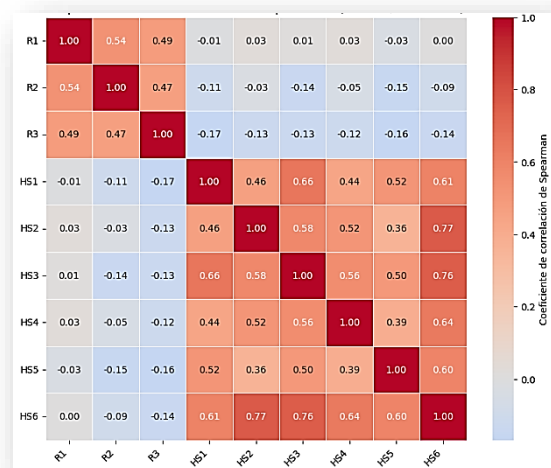
La Figura 2 muestra la relación entre los diagnósticos primarios de las escalas de Resiliencia y Habilidades Sociales. Se observa que la mayoría de los participantes presentan una autopercepción baja de habilidades sociales, condición que se mantiene constante a lo largo de los tres niveles de resiliencia. En particular, la mayor concentración de casos se encuentra en el grupo con resiliencia media y habilidades sociales bajas, lo que sugiere que, aunque los estudiantes perciben cierta capacidad de afrontamiento ante las dificultades, esta no necesariamente se acompaña de una percepción equivalente en sus competencias interpersonales.

Asimismo, entre quienes se ubican con habilidades sociales de nivel medio, predomina nuevamente la resiliencia media, reforzando la tendencia a la concentración central en ambas variables. En contraste, ningún participante reportó un nivel alto de habilidades sociales, aun cuando una proporción menor manifestó niveles medios o altos de resiliencia, lo que sugiere que las habilidades sociales y la resiliencia son constructos relacionados pero no idénticos, un individuo puede desarrollar resiliencia a través de recursos internos como

la regulación emocional, el optimismo, la reflexión personal o el sentido de propósito, por lo tanto, no es indispensable tener habilidades sociales altamente desarrolladas para mostrar cierto nivel de resiliencia.

La siguiente etapa (Figura 3) consistió en la construcción del modelo predictivo con base a la correlación entre las variables del mismo constructo y entre ellos (Alsaqr, 2021).

Fig. 3. Mapa de correlación de las escalas de los participantes del periodo enero-junio 2025.



La Figura 3 muestra casillas con tonalidades rojas representan correlaciones positivas, cuya fuerza aumenta conforme el color se intensifica; los tonos grises indican una correlación débil o inexistente, mientras que los tonos azules reflejan una relación antagónica o negativa.

Al evaluar las dimensiones de Resiliencia, se observa que las tres dimensiones están positivamente asociadas, con coeficientes comprendidos entre 0.52 y 0.57, lo que sugiere una coherencia interna sólida entre los factores que conforman esta escala.

En la escala de Habilidades Sociales, también se identifica una relación sinérgica interna entre sus seis dimensiones pero las correlaciones son bajas como molestia y petición (0.36) y petición y rechazo (0.38), media como rechazo y expresión de molestia (0.53) y rechazo e interacción social (0.56), y altas como interacción social y defensa de derechos (0.75) expresión de molestia y defensa de derechos (0.76). Este patrón indica que las conductas de autoafirmación y defensa personal tienden a manifestarse de manera conjunta. Es decir que la capacidad de expresar ideas, opiniones, necesidades o sentimientos de manera segura y respetuosa, como comportamiento, aparece al mismo

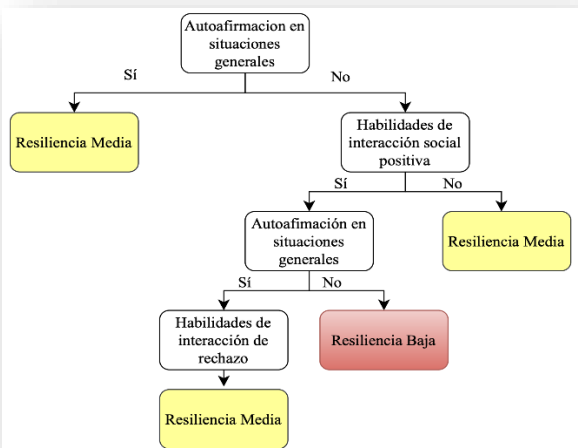
tiempo que la capacidad de proteger los propios intereses, poner límites y no permitir abusos.

Por otro lado, al examinar las interacciones cruzadas entre las dimensiones de resiliencia y habilidades sociales, predominan los tonos grises y azulados, lo que señala baja o casi nula correlación negativa entre ambas escalas. Los resultados de la Figura 3 son consistentes con la prueba de Spearman, corroborando que las dimensiones internas de cada escala se relacionan entre sí, pero no mantienen una asociación significativa entre escalas.

Modelo Predictivo. Al establecer la existencia de una baja correlación tanto en el diagnóstico primario como entre las dimensiones de los cuestionarios de Habilidades Sociales y Resiliencia, la aplicación de un modelo de regresión múltiple o factorial reportaría un coeficiente de correlación muy bajo, limitando su capacidad predictiva. Por esta razón, el presente caso de estudio se aborda mediante modelos alternativos basados en aprendizaje automático, específicamente utilizando árboles de decisión, los cuales permiten identificar la jerarquía e importancia relativa de las dimensiones de habilidades sociales para predecir el nivel de resiliencia.

En este estudio, se empleó el algoritmo Random Forest, el cual ha sido previamente utilizado en la construcción de semáforos de niveles de riesgo en estudios de tipo educativo (Hardman, 2013) y conductual (Sáenz, 2025). Dado que la Figura 2 reporta la inexistencia de participantes con perfil alto en habilidades sociales y resiliencia, no es metodológicamente viable entrenar un modelo predictivo que incluya esa categoría como clase de salida (Pelaez y Acebo, 2021). En consecuencia, se construyó un modelo predictivo centrado en identificar las características del estudiantado con perfiles de resiliencia medio y bajo.

Fig. 4. Modelo predictivo generado a partir de las respuestas de los participantes del periodo enero-junio de 2025.



La Figura 4 muestra por orden jerárquico cuales son las dimensiones y su diagnóstico primario de las habilidades sociales y el nivel de resiliencia en el afrontamiento de problemas de matemáticas. A partir de esta estructura se identifican principalmente dos perfiles conductuales asociados con resiliencia media y resiliencia baja:

i) En el caso de los estudiantes con resiliencia media, el modelo identifica varios patrones posibles dentro del árbol. El primero corresponde a aquellos que presentan autoafirmación en situaciones generales, es decir, estudiantes que muestran cierta seguridad para expresarse o participar en situaciones sociales cotidianas dentro del aula. Un segundo patrón aparece cuando, aun sin mostrar esta autoafirmación inicial, los estudiantes tampoco presentan habilidades de interacción social positiva, lo que sugiere un perfil de participación limitada pero funcional. Finalmente, se identificó que aquellos estudiantes que, aun mostrando interacción social positiva y autoafirmación en una segunda evaluación del árbol, presentan habilidades de interacción de rechazo, es decir, capacidad para establecer límites o responder de forma asertiva ante demandas sociales.

ii) El perfil de resiliencia baja se caracteriza por la ausencia de autoafirmación en situaciones generales, incluso cuando los estudiantes pueden presentar interacción social positiva. Este patrón sugiere una interacción social superficial como expresar dudas, pedir aclaraciones o manifestar dificultades durante el aprendizaje.

Para el proceso de validación del modelo predictivo de la Figura 4 y, a sabiendas que los registros del periodo agosto-diciembre reportaron una consistencia interna cuestionable, se eligió un muestreo sintético de remuestreo tipo *bootstrap* que es capaz de generar múltiples subconjuntos de datos a partir de la muestra original, con reemplazo, lo que permite estimar la estabilidad del modelo sin requerir un nuevo grupo de participantes (Everitt, 2017). De este modo, se simula la variabilidad esperable en aplicaciones repetidas del modelo bajo condiciones equivalentes.

Este modelo predictivo reportó una exactitud del 89%, mientras que la precisión fue de 0.90, mientras que para resiliencia baja fue de 0.80, lo que señala que cuando el modelo predice estas categorías suele acertar, especialmente en resiliencia media. Finalmente, se realizó una validación cruzada donde se realizaron 1,000 y 2,000 remuestreos (Ichim (2010), observándose un incremento del 91 y 93% de capacidad global de predicción.

Finalmente, se construyó una aplicación web de libre acceso (<https://golden-pothos-d3e110.netlify.app/>) que permite a personas sin conocimientos técnicos sobre la estructura de un árbol de decisión utilizar el modelo de forma sencilla. De esta manera, el usuario responde de

manera afirmativa o negativa a una serie de preguntas y, como resultado, el sistema indica si el estudiante evaluado presenta un diagnóstico primario de resiliencia académica.

Discusión

En el estudio reportado por Santiago (2020) señalan que los estudiantes exitosos, es decir, aquellos que reportan alto desempeño académico, han sido asociados con una alta resiliencia en el aprendizaje de las matemáticas.

En referencia a la calidad de los datos recolectados en este estudio, se descartaron las respuestas de los participantes del bloque de agosto-diciembre 2025. Si bien se replicaron las condiciones de aplicación de los constructos, la calidad de las respuestas fue diferente, posiblemente debido a las actividades culturales, deportivas y de docencia como parte de los festejos del aniversario de la fundación de la institución académica, que pudieron sesgar los resultados. Esta variabilidad fue reportada por Choi y Pak (2004) identificaron que los participantes son vulnerables a cambiar sus respuestas menos reflexivas si están siendo estimulados con actividades ajenas a las cotidianas. Por tanto, se recomienda que este estudio sea replicado durante la primera semana de actividades en ambos periodos.

Como estrategia de validación, se utilizó el método *bootstrap* que ha demostrado ser un aliado en la validación de modelos predictivos multifactoriales (Peressini, 2022). Si bien lo ideal es probar el modelo en un contexto real, esta propuesta permite, al menos de manera exploratoria, evaluar la fiabilidad del modelo desarrollado. Aun así, es importante reevaluar este modelo con la próxima generación del periodo enero-junio 2026.

Al evaluar las características del árbol de decisión, se observa que el modelo predictivo distingue dos perfiles asociados a los niveles de resiliencia:

i) En los estudiantes con resiliencia baja, el patrón se observó menor búsqueda de apoyo, menor apertura a aclaraciones y una percepción reducida de control. Este perfil coincide con lo descrito por Martin y Marsh (2008) y Cassidy (2016), quienes señalan que la baja resiliencia se asocia con rigidez cognitiva, desmotivación y una menor tolerancia a los retos. ii) En el caso de la resiliencia media, el comportamiento identificado señala una estabilidad emocional suficiente para sostener el desempeño cotidiano, con participación moderada y funcional, sin consolidarse en una búsqueda activa de retroalimentación. Este patrón es consistente con Hartley (2011), quien describe que niveles intermedios de resiliencia suelen vincularse con una actitud “operativa pero pasiva”: estabilidad emocional con menor iniciativa para transformar el esfuerzo en autonomía académica.

Al analizar los resultados, se observó que predominantemente se presentan diagnósticos primarios de resiliencia media. Esto se debe a la categorización de Gismero (2002), quien define esta categoría dentro del rango del percentil 25 al 75, lo que limita la nitidez del semáforo de clasificación. Esta discretización afecta el desempeño del árbol de decisión, ya que requiere de una representación equilibrada de los distintos niveles del constructo. En consecuencia, el árbol de decisión logra predecir con mayor estabilidad los perfiles de resiliencia media, considerados estudiantes regulares, donde existe mayor densidad de datos, pero reduce su sensibilidad en los casos de resiliencia baja o alta.

En cambio, si se discretiza en tres niveles, tal como se recomienda en las respuestas tipo escala Likert (Chang, 1994), se podrá identificar con mayor precisión no solo al estudiantado con baja resiliencia, sino también a quienes se encuentran en riesgo de ingresar a esta categoría.

Como trabajo a futuro, se pretende evaluar y construir un modelo predictivo semaforizado de cuatro niveles, exclusivamente para el estudiantado de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, en sus diferentes semestres, quienes históricamente han reportado, en el Instituto Tecnológico de Colima, el menor índice de acreditación tanto en las asignaturas de ciencias básicas como en las propias de su carrera

Referencias

- Alsaqr, A. M. (2021). Remarks on the use of Pearson's and Spearman's correlation coefficients in assessing relationships in ophthalmic data. *African Vision and Eye Health*, 80(1), 1–10.
<https://doi.org/10.4102/aveh.v80i1.612>
- Arceo-Díaz, S., Bricio-Barrios, E. E., Aréchiga-Maravillas, J. A., & Salazar-Torres, J. (2020). GeoGebra as learning tool for the search of the roots of functions in numerical methods. En *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1672, No. 1, Artículo 012001). IOP Publishing.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1672/1/012001>
- Bricio-Barrios, E. E., Arceo-Díaz, S., & Mireles-Delgado, F. (2024). Incorporación de ChatGPT como herramienta en la enseñanza de ciencias básicas. *Komputer Sapiens*, 16(2).
<https://smia.mx/komputersapiens/publicaciones.php>
- Candel, J. M. O. (2022). *Big data, machine learning y data science en Python*. Ra-Ma Editorial.
- Cassidy, S. (2016). The Academic Resilience Scale (ARS-30): A new multidimensional construct measure. *Frontiers in Psychology*, 7, Article 1787.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01787>
- Chang, L. (1994). A psychometric evaluation of 4-point and 6-point Likert-type scales in relation to reliability and validity. *Applied Psychological Measurement*, 18(3), 205–215.
<https://doi.org/10.1177/014662169401800302>
- Choi, B. C. K., & Pak, A. W. P. (2004). A catalog of biases in questionnaires. *Preventing Chronic Disease*, 2(1), A13.
- Erikson, E. H. (1985). Estadios fundamentales del desarrollo psicosocial. En *El ciclo vital completado* (pp. 69–108).
- Everitt, R. G. (2017). Bootstrapped synthetic likelihood. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1711.05825>
- Gismero, E. (2002). *Manual de escala de habilidades sociales*. TEA Ediciones.
- Hardman, J., Paucar-Caceres, A., & Fielding, A. (2013). Predicting students' progression in higher education by using the random forest algorithm. *Systems Research and Behavioral Science*, 30(2), 194–203.
<https://doi.org/10.1002/sres.2130>
- Hartley, M. T. (2011). Examining the relationships between resilience, mental health, and academic persistence in undergraduate college students. *Journal of American College Health*, 59(7), 596–604.
<https://doi.org/10.1080/07448481.2010.515632>
- Ichim, D. (2010). Quantile-based bootstrap methods to generate continuous synthetic data. En *Proceedings of the 2010 EDBT/ICDT Workshops*.
<https://doi.org/10.1145/1754239.1754276>
- Lee, C., & Johnston-Wilder, S. (2010). Developing mathematical resilience. Ponencia presentada en *BERA Annual Conference 2010*, University of Warwick.
<https://oro.open.ac.uk/24261/2/3C23606C.pdf>
- Lee, C., & Johnston-Wilder, S. (2017). The construct of mathematical resilience. En U. X. Eligio (Ed.), *Understanding emotions in mathematical thinking and learning* (pp. 269–291). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802218-4.00010-8>
- Llopis Orrego, M. D. M., Volakh Sokolova, E., & Pérez Llopis, A. (2022). Resiliencia en docentes universitarios: Afrontando retos en tiempos de pandemia. *Actualidades Investigativas en Educación*, 22(3), 130–164.
<https://doi.org/10.15517/aie.v22i3.50629>
- Martin, A. J., & Marsh, H. W. (2008). Academic buoyancy: Towards an understanding of students' everyday academic resilience. *Journal of School Psychology*, 46(1), 53–83.
<https://doi.org/10.1016/j.jsp.2007.01.002>
- Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: Un estado de la cuestión. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(1), 38–47.
<https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347>
- Molina, J. B., Aranda, L. L., Flores, M. H., & López, E. J. (2013). Utilización del alfa de Cronbach para validar la confiabilidad de un instrumento de

- medición de satisfacción del estudiante en el uso del software Minitab MISP. En *11th LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology* (Cancún, México, 14–16 de agosto).
<https://www.laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP065.pdf>
- Morlett-Villa, Z. F. (2023). Habilidades socioemocionales en adolescentes de nivel bachillerato tras la pandemia. *Ciencias Administrativas: Teoría y Praxis*, 19(2), 61–80.
<https://doi.org/10.46443/catyp.v19i2.338>
- Peressini Álvarez, M. (2022). *Imputación múltiple y validación bootstrap en modelos pronósticos* (Tesis de maestría). Universidad Complutense de Madrid.
<https://docta.ucm.es/entities/publication/f645917a-4b19-41ec-bb36-e3a7d59b2e4f>
- Peláez Ramírez, G., & Lena-Acebo, F. J. (2021). Árboles de decisión y bosques aleatorios en sistemas expertos: Un enfoque fundamental. En *Avances en educación, TIC e innovación: aportaciones para la mejora empresarial y social* (pp. 105–115).
<https://www.torrossa.com/en/resources/an/5005059>
- Richardson, G. E. (2002). The metatheory of resilience and resiliency. *Journal of Clinical Psychology*, 58(3), 307–321. <https://doi.org/10.1002/jclp.10020>
- Sáenz Yerovi, M. F. (2025). *Aplicación de machine learning para la detección de patrones conductuales en niños de 6 a 12 años con TDAH* (Tesis de licenciatura). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/29966>
- Santiago Carrillo, M. C., Gallardo Pérez, H. D. J., & Vergel Ortega, M. (2020). Resiliencia en estudiantes exitosos en matemáticas. *Praxis & Saber*, 11(26).
<https://doi.org/10.19053/22160159.v11.n26.2020.9973>
- UNESCO. (2015). *Education for all 2000–2015: Achievements and challenges*. UNESCO.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000217628>