



Depósito legal ppi 201502ZU4662
Esta publicación científica en formato digital es continuación de la revista impresa
Depósito Legal: pp 197402ZU789
• ISSN: 1315-9518 • ISSN-E: 2477-9431

Universidad del Zulia. Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
Vol. XXXI, Núm 4 OCTUBRE-DICIEMBRE, 2025

Revista de Ciencias Sociales

Esta publicación científica en formato digital es continuación de la revista impresa
Depósito Legal: pp 197402ZU789
ISSN: 1315-9518

Algoritmos de aprendizaje automático para predecir la efectividad atribuida a la educación penitenciaria por estudiantes universitarios

Ziadet-Bermúdez, Elicza Isabel*
García-Saltos, Carmita Dolores**
Sabando-Mendoza, María Verónica***
Sánchez-Azúa, Iris María****

Resumen

La educación penitenciaria constituye un eje estratégico en los procesos de reinserción social y garantía del derecho a la educación en contextos de privación de libertad. El objetivo del trabajo fue predecir la efectividad de la educación penitenciaria desde la perspectiva de estudiantes de la carrera de Derecho en la Universidad Estatal de Milagro, Ecuador. La metodología adoptó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con diseño no experimental y corte transversal. La muestra intencional estuvo conformada por 100 estudiantes, a los que se les aplicó un cuestionario estructurado validado por expertos. Los datos fueron procesados mediante análisis multivariado y técnicas de minería de datos en Orange Data Mining, utilizando modelos como AdaBoost, regresión logística y gradient boosting. Se evidenció que las variables con mayor capacidad explicativa fueron el diseño e implementación de programas educativos y el impacto en la resocialización; mientras que las variables sociodemográficas mostraron escasa incidencia predictiva. El modelo AdaBoost obtuvo el mayor rendimiento en métricas de precisión, sensibilidad y calibración. Se concluye que la percepción estudiantil sobre la efectividad de la educación penitenciaria está determinada más por factores pedagógicos que biográficos, y que los modelos predictivos constituyen una herramienta robusta para fortalecer la formación en derechos humanos.

Palabras clave: Aprendizaje automático; educación penitenciaria; derechos humanos; evaluación educativa; enseñanza jurídica.

* Magíster en Administración de Empresas con mención en Marketing. Abogada. Licenciada en Ciencias Sociales y Políticas. Docente en la Universidad Estatal de Milagro, Milagro, Guayas, Ecuador. E-mail: eziadet@unemi.edu.ec ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9755-3936>

** Doctor en Jurisprudencia. Magíster en Derechos Fundamentales y Justicia Constitucional. Magíster en Educación y Desarrollo Social. Magíster en Ciencias Penales y Criminológicas. Especialista en Procedimientos Constitucionales. Especialista en Ciencias Penales y Criminológicas. Abogado. Licenciado en Ciencias Políticas y Sociales. Docente en la Universidad Estatal de Milagro, Milagro, Guayas, Ecuador. E-mail: carmita.garcia@utm.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9445-1253>

*** Magíster en Derecho Digital y Sociedad Red. Magíster en Derecho Notarial y Registral. Abogada de los Juzgados y Tribunales de la República. Docente en la Universidad Regional Autónoma de los Andes (UNIANDES), Quevedo, Ecuador. E-mail: mariasm99@uniandes.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5471-7304>

**** Doctoranda en Humanidades y Estudios Sociales en América Latina en la Universidad de Alicante, España. Magíster Universitaria en Intervención Social en las Sociedades del Conocimiento. Licenciada en Trabajo Social. Docente en la Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador. E-mail: iris.sanchez@utm.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2109-4435>

Machine learning algorithms to predict the effectiveness attributed to prison education by university students

Abstract

Prison education is a strategic pillar in the processes of social reintegration and guaranteeing the right to education in contexts of incarceration. The objective of this study was to predict the effectiveness of prison education from the perspective of law students at the State University of Milagro, Ecuador. The methodology adopted a quantitative, applied approach with a non-experimental, cross-sectional design. The purposive sample consisted of 100 students, who completed a structured questionnaire validated by experts. The data were processed using multivariate analysis and data mining techniques in Orange Data Mining, employing models such as AdaBoost, logistic regression, and gradient boosting. The results showed that the variables with the greatest explanatory power were the design and implementation of educational programs and their impact on resocialization, while sociodemographic variables showed little predictive value. The AdaBoost model achieved the highest performance in terms of precision, sensitivity, and calibration. It is concluded that students' perceptions of the effectiveness of prison education are determined more by pedagogical than biographical factors, and that predictive models constitute a robust tool for strengthening human rights training.

Keywords: Machine learning; prison education; human rights; educational assessment; legal education.

Introducción

La educación penitenciaria, concebida como un mecanismo de transformación social, se ha consolidado en la agenda internacional como una estrategia fundamental para garantizar la reintegración efectiva de las personas privadas de libertad (Hathazy, 2016; García et al., 2020; Barbosa et al., 2022; Centeno et al., 2022; Villamar et al., 2024).

Diversos organismos multilaterales, como la UNESCO, han subrayado que la educación en contextos de encierro no debe entenderse únicamente como un derecho, sino también como una herramienta de rehabilitación integral que incide en la disminución de los índices de reincidencia y en el fortalecimiento del tejido social (Pulido, 2023; Oganetse, 2025). No obstante, el éxito de estas iniciativas depende en gran medida de la calidad, continuidad y pertinencia de los programas formativos ofrecidos, los cuales deben ser coherentes con las condiciones estructurales del sistema penitenciario y con los marcos normativos de protección de los

derechos humanos.

En América Latina los estudios empíricos han identificado profundas brechas entre el discurso institucional y la realidad operativa de los centros de rehabilitación social (Phelps, 2011; Joutsenvirta y Vaara, 2015). Las limitaciones materiales, la insuficiencia de personal capacitado y la ausencia de políticas públicas sostenibles generan un entorno adverso para la implementación de programas educativos eficaces. Rangel (2019), sostiene que estas limitaciones afectan no solo la cobertura y calidad del proceso formativo, sino también la legitimidad del derecho a la educación dentro de las cárceles. Esta situación repercute directamente en la percepción del sistema penitenciario por parte de los beneficiarios y de los futuros profesionales del derecho, quienes, desde el ámbito académico, carecen muchas veces de herramientas analíticas que les permitan comprender la complejidad de los procesos de resocialización.

Frente a este escenario, la incorporación de tecnologías emergentes, como los

algoritmos de aprendizaje automático, ofrece una oportunidad para innovar en la evaluación, seguimiento y predicción de la eficacia de la educación en contextos penitenciarios. Estos modelos permiten procesar grandes volúmenes de datos y descubrir patrones latentes en las percepciones, conocimientos y actitudes de los actores implicados (Shu y Ye, 2023). En el campo jurídico-formativo, su aplicación resulta especialmente pertinente puesto que posibilita una aproximación más empírica y dinámica al análisis de cómo los estudiantes de Derecho construyen su conocimiento sobre el sistema penitenciario y su valoración respecto al papel de la educación como mecanismo de resocialización.

En este sentido, el estudio de la percepción de estudiantes universitarios sobre la educación penitenciaria mediante técnicas de inteligencia artificial no solo representa una innovación metodológica, sino también un aporte sustantivo a la justicia educativa. La posibilidad de anticipar patrones de valoración, identificar factores críticos de éxito y diseñar intervenciones curriculares más ajustadas a las necesidades reales de los contextos de encierro, fortalece la formación jurídica con enfoque en derechos humanos (Polaschek, 2011). Asimismo, promueve una visión más humanista, integral e interdisciplinaria de la educación en cárceles, alejándose de concepciones meramente punitivas para asumir un compromiso con la transformación social basada en evidencia empírica y responsabilidad institucional (Barton y Ho, 2021; Trivedi y Ray, 2024).

En este marco, se plantea como pregunta problema: ¿De qué manera los algoritmos de aprendizaje automático pueden predecir la efectividad de la educación penitenciaria percibida por estudiantes de la carrera de Derecho en la Universidad Estatal de Milagro? Para abordar esta interrogante, se plantean las siguientes hipótesis:

H1: A mayor valoración del diseño educativo, mayor percepción de efectividad en la educación penitenciaria.

H2: La percepción del impacto en la resocialización predice positivamente la

efectividad percibida.

H3: Las variables sociodemográficas tienen baja capacidad predictiva en comparación con las pedagógicas.

H4: AdaBoost, regresión logística y gradient boosting presentan mayor precisión predictiva.

H5: Estudiantes de niveles superiores perciben mayor efectividad educativa en contextos penitenciarios.

H6: Una baja valoración del diseño educativo y la resocialización predice baja efectividad percibida.

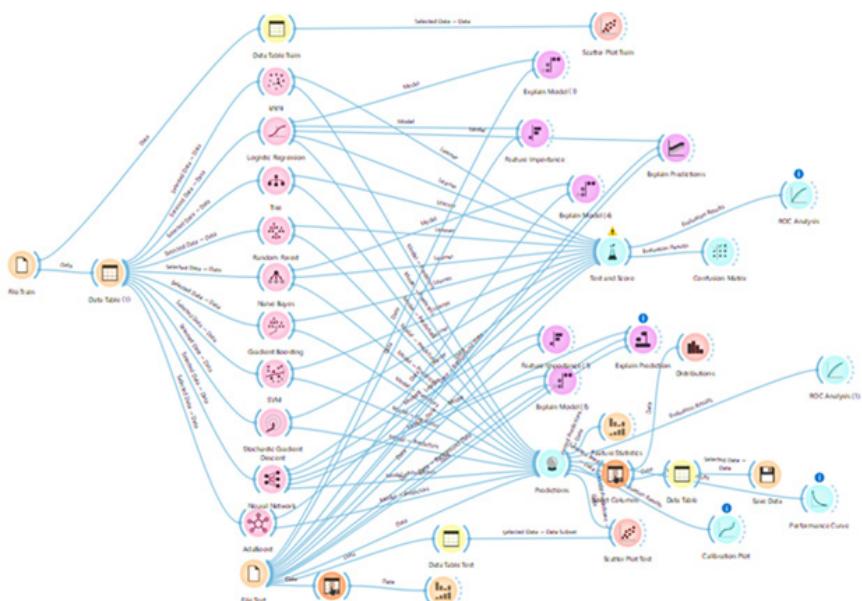
En consecuencia, el objetivo fue predecir la efectividad de la educación penitenciaria desde la percepción de estudiantes de la carrera de Derecho en la Universidad Estatal de Milagro-Ecuador, mediante algoritmos de aprendizaje automático. Este modelo busca no solo generar evidencia empírica que fortalezca la formación en derechos humanos en el ámbito universitario, sino también contribuir al diseño de estrategias institucionales que promuevan una justicia educativa más inclusiva y efectiva en el sistema penitenciario.

1. Metodología

El presente estudio adoptó un enfoque cuantitativo, orientado a la construcción de un modelo predictivo basado en algoritmos de aprendizaje automático, con el fin de identificar los factores que inciden en la percepción estudiantil sobre la educación penitenciaria. Se trató de una investigación de tipo aplicada, con un diseño no experimental de corte transversal, que permitió recolectar datos en un único momento temporal, sin manipulación de variables, favoreciendo el análisis correlacional y predictivo de los datos obtenidos. El nivel de investigación se ubicó en el plano explicativo, en tanto se buscó comprender y modelar las relaciones entre variables sociodemográficas, académicas y actitudinales, con el conocimiento y posicionamiento de los estudiantes respecto a la educación en contextos de privación de libertad.

La población objeto del estudio estuvo conformada por estudiantes de la carrera de Derecho en la Universidad Estatal de Milagro en Ecuador, de los cuales se seleccionó una muestra intencional de 100 participantes que cumplían con criterios de inclusión tales como: Estar matriculados en los últimos niveles de formación, haber cursado asignaturas vinculadas a derechos humanos o penitenciarios, y brindar su

consentimiento informado para participar. Se excluyeron estudiantes que no cursaban las materias mencionadas o que no completaron el cuestionario en su totalidad. En la Figura I, se representa el flujo integral de trabajo desarrollado para la implementación de algoritmos de aprendizaje automático en la predicción de la educación penitenciaria, desde la perspectiva de estudiantes de Derecho.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura I: Arquitectura de modelos de aprendizaje automático para la predicción de la educación penitenciaria

La Figura I, representa un sistema de análisis multialgorítmico en el que se integraron modelos de regresión logística, árboles de decisión, *random forest*, *naïve Bayes*, *gradient boosting*, máquinas de vectores de soporte y redes neuronales, entrenados con los datos del cuestionario aplicado a los estudiantes. El desempeño de cada modelo se evaluó mediante métricas como la matriz de confusión, el área

bajo la curva ROC y las curvas de calibración, lo que permitió determinar su eficacia predictiva. Este enfoque no solo optimizó la precisión de los modelos, sino que también posibilitó la identificación de las variables con mayor incidencia en la predicción del conocimiento penitenciario a través de módulos de importancia de características y de explicación de modelos.

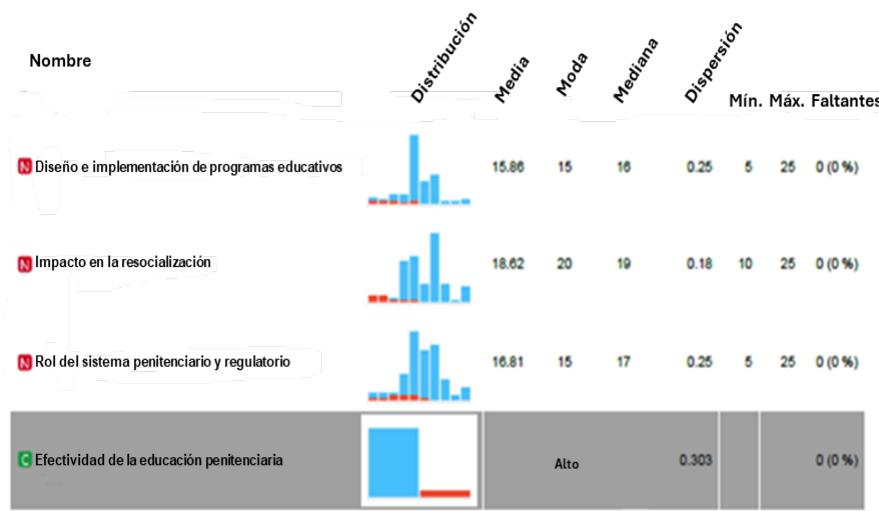
La recolección de información se llevó a cabo mediante una encuesta estructurada aplicada de forma presencial en el marco de clases colaborativas. El instrumento consistió en un cuestionario diseñado *ad hoc*, integrado por ítems categóricos y escalas tipo Likert, validadas a través del juicio de expertos. Dicho cuestionario estuvo orientado a medir variables vinculadas al conocimiento sobre educación penitenciaria, las actitudes hacia la reinserción social, el interés jurídico-social y las competencias digitales básicas. Para garantizar la validez de contenido y la claridad de los ítems, se realizó un proceso de revisión y ajuste conceptual que aseguró la pertinencia de las mediciones.

En cuanto al procesamiento de los datos, inicialmente se efectuaron análisis descriptivos y multivariantes, seguidos de la implementación de algoritmos de aprendizaje automático bajo un enfoque supervisado. Se trabajó con un conjunto de entrenamiento de 85 observaciones y un conjunto de validación

de 15, evaluando los modelos a través de métricas de precisión, sensibilidad, puntuación F1 y área bajo la curva ROC. El proceso se desarrolló en el software de código abierto *Orange Data Mining* (versión 3.38.1), que permitió la integración de visualizaciones explicativas, curvas de calibración y matrices de confusión.

2. Resultados y discusión

Los hallazgos del presente estudio permiten identificar tendencias relevantes en la percepción de los estudiantes de la carrera de Derecho respecto a la educación penitenciaria, a partir de la aplicación de modelos de aprendizaje automático. La Figura II, presenta una visualización de las variables evaluadas y su relación con la efectividad de la educación penitenciaria, medida como variable objetivo en el modelo predictivo.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura II: Distribución y tendencia de las variables predictoras asociadas a la educación penitenciaria

La Figura II, evidencia una valoración positiva de la resocialización y del marco regulador, aunque con percepciones menos sólidas sobre la planificación educativa en prisiones. Este hallazgo revela una limitación en la formación jurídica universitaria, centrada en lo normativo y con escasa inclusión de enfoques pedagógicos y socioeducativos. Esta brecha coincide con lo señalado por Herrity et al. (2021), quienes argumentan que la ausencia de formación interdisciplinaria en los programas de Derecho restringe la comprensión integral del fenómeno penitenciario. Además, estos resultados revelan la urgencia de fortalecer los vínculos entre la academia y las instituciones penitenciarias, a través de prácticas preprofesionales, observatorios de derechos humanos o clínicas jurídicas, que permitan articular la teoría con escenarios reales de intervención.

Asimismo, los modelos predictivos clasificaron la efectividad de la educación penitenciaria mayoritariamente en un nivel alto, lo que refleja una valoración positiva por parte de los estudiantes. No obstante, esta apreciación parece responder más a una construcción teórica e idealizada que a un conocimiento empírico del sistema

penitenciario.

Surge así la necesidad de contrastar percepción y realidad institucional, considerando que en América Latina los programas educativos en prisiones enfrentan limitaciones estructurales como la sobrepoblación, la falta de recursos y la discontinuidad de la oferta (Jaitman, 2019; Tobón, 2022). Por consiguiente, si bien los estudiantes valoran el potencial transformador de la educación en contextos de encierro, su desconocimiento de los obstáculos estructurales podría afectar la objetividad de sus juicios. En este sentido, se reafirma lo expresado por Cabral y Santos (2018), quienes señalan que la formación en derechos penitenciarios debe incorporar no solo el marco jurídico, sino también las condiciones reales de implementación de políticas públicas.

En la Tabla 1, se sintetizan las métricas de rendimiento obtenidas a partir de la validación cruzada estratificada de 10 pliegues para los algoritmos de aprendizaje automático aplicados al presente estudio. Se comparan las capacidades predictivas de cada modelo tanto para la clase objetivo Baja efectividad como para la clase Alta Efectividad en relación con la educación penitenciaria.

Tabla 1
Desempeño de algoritmos de aprendizaje automático en la predicción de la efectividad de la educación penitenciaria

Modelo	AUC (Low)	CA (Low)	F1 (Low)	Prec (Low)	Recall (Low)	MCC (Low)	AUC (High)	CA (High)	F1 (High)	Prec (High)	Recall (High)	MCC (High)
Logistic Regression	0.940	0.867	0.667	0.667	0.667	0.634	0.940	0.967	0.967	0.967	0.967	0.834
Tree	0.930	0.462	0.750	0.333	0.667	0.471	0.930	0.983	0.983	0.989	0.978	0.471
Gradient Boosting	0.940	0.867	0.667	0.667	0.667	0.634	0.940	0.967	0.967	0.967	0.967	0.834
Random Forest	0.920	0.429	0.600	0.600	0.600	0.409	0.920	0.957	0.937	0.978	0.896	0.409
k-Nearest Neighbors	0.940	0.571	1.000	0.444	0.556	0.569	0.940	0.947	0.947	0.947	0.947	0.569
SVM	0.920	0.520	0.818	0.111	0.111	0.320	0.920	0.968	0.919	1.000	0.846	0.320
SGD	0.900	0.533	0.545	0.444	0.600	0.370	0.900	0.950	0.950	0.950	0.950	0.370
Neural Network	0.930	0.533	0.667	0.444	0.500	0.509	0.930	0.967	0.947	0.978	0.918	0.509
Naive Bayes	0.810	0.387	0.273	0.667	0.200	0.339	0.810	0.888	0.928	0.978	0.885	0.339
AdaBoost	0.980	0.778	0.778	0.778	0.778	0.756	0.980	0.978	0.978	0.978	0.978	0.756

Fuente: Elaboración propia, 2025.

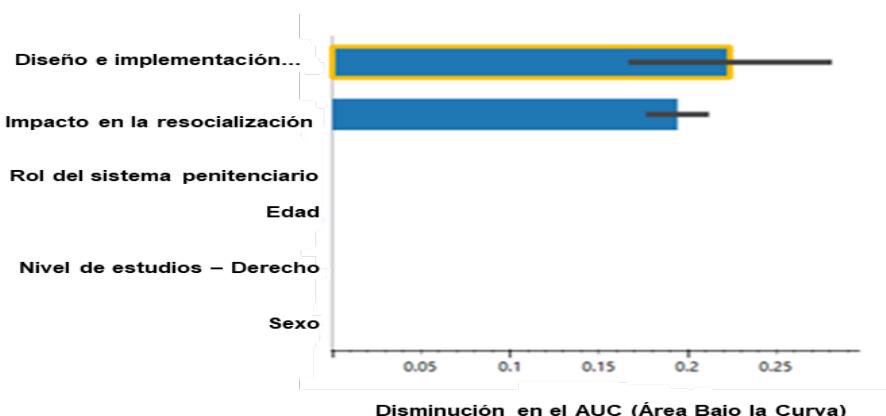
El análisis de los resultados muestra que el modelo *AdaBoost* obtuvo el mejor desempeño general en ambas clases, con valores elevados en todas las métricas ($AUC = 0.980$; $CA = 0.778$ y 0.978 ; $MCC = 0.756$), lo que indica una alta robustez y estabilidad en la predicción del nivel de efectividad de la educación penitenciaria. Este hallazgo es consistente con lo planteado por Hornyák e Iantovics (2023), quienes destacan la capacidad de *AdaBoost* para reducir el error de clasificación mediante la combinación iterativa de clasificadores débiles, generando un modelo final altamente preciso.

Asimismo, los algoritmos de regresión logística y *gradient boosting* también mostraron un rendimiento sólido, especialmente al predecir la clase alta, con puntuaciones $F1$ de 0.967 y un MCC de 0.834 , lo que sugiere su idoneidad para contextos con datos balanceados y estructuras de relación complejas entre las variables.

Por otra parte, modelos como *Naive Bayes* y *SGD* presentaron el menor desempeño,

particularmente en la predicción de la clase baja, lo cual se alinea con estudios previos que han advertido sobre las limitaciones de estos algoritmos en presencia de correlaciones interdependientes entre atributos (Bharati y Podder, 2022; Tavares et al., 2025). Estas diferencias en el rendimiento evidencian la importancia de seleccionar cuidadosamente el algoritmo según la naturaleza de los datos y la distribución de las clases. En este sentido, los hallazgos refuerzan la utilidad del enfoque multialgorítmico para identificar el modelo más eficaz en la predicción del conocimiento penitenciario, ofreciendo una base empírica para desarrollar estrategias formativas más personalizadas en la educación jurídica.

A continuación, se presenta la Figura III, donde se identifican las variables con mayor capacidad explicativa en la predicción del nivel de efectividad de la educación penitenciaria. Se procedió a ejecutar un análisis de importancia de características utilizando la métrica de disminución en el área bajo la curva (*Decrease in AUC*).



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura III: Factores de importancia que impacta en el nivel de conocimiento penitenciario

La Figura III, muestra que la exclusión del diseño e implementación educativa reduce más el rendimiento del modelo, seguida por la resocialización. En cambio, edad, nivel de estudios y sexo, aportan de forma marginal, confirmando que la percepción estudiantil depende principalmente de factores pedagógicos y rehabilitadores. Esta evidencia empírica respalda lo planteado por Payne y Bryant (2018), quienes subrayan que la percepción de eficacia en la educación penitenciaria se encuentra estrechamente vinculada con el conocimiento explícito sobre su diseño curricular, metodologías aplicadas y adaptabilidad a contextos de encierro.

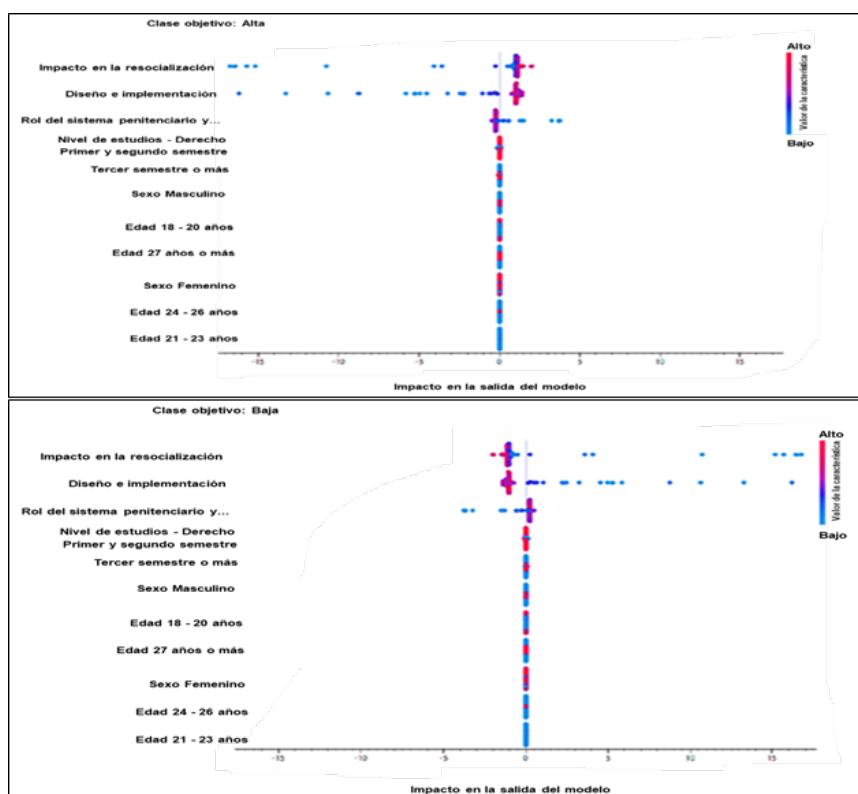
Asimismo, investigaciones como la de Kakupa y Mulenga (2021) han demostrado que los estudiantes que han tenido mayor exposición a contenidos pedagógicos relacionados con el sistema penitenciario desarrollan niveles superiores de conciencia crítica y valoración de la educación como herramienta de reinserción. Por tanto, se discierne que el nivel de conocimiento no es producto de factores biográficos, sino de una construcción académica derivada de procesos formativos concretos, lo que posiciona al diseño curricular como un elemento clave en la promoción de una justicia educativa con enfoque de derechos.

Desde una perspectiva interpretativa, estos hallazgos son coherentes con lo expuesto

por Linden y Perry (1983), quienes sostienen que la eficacia de los programas de educación penitenciaria no puede analizarse al margen de su diseño estructural, dado que este determina en gran medida tanto el alcance formativo como la legitimidad de su implementación. A su vez, Gastil et al. (2018) destacan que los programas penitenciarios con mayor impacto son aquellos que articulan de forma coherente los objetivos educativos con estrategias sostenidas de resocialización, incidiendo directamente en la reducción de la reincidencia y en el fortalecimiento de las trayectorias de vida de los internos.

En este sentido, la baja capacidad predictiva de variables como edad o sexo confirma lo planteado por Mukasheva et al. (2024), quienes argumentan que las percepciones sobre el derecho a la educación en contextos penitenciarios se explican más por la formación académica especializada que por factores sociodemográficos.

La Figura IV, presenta una visualización comparativa generada mediante el módulo *Explain Prediction* del software *Orange Data Mining*. Esta herramienta permite observar el impacto diferencial de cada predictor en función de si el modelo clasifica una observación dentro de la categoría de baja efectividad (izquierda) o alta efectividad (derecha) en relación con la educación penitenciaria.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura IV: Variables predictoras en la salida del modelo según clase objetivo

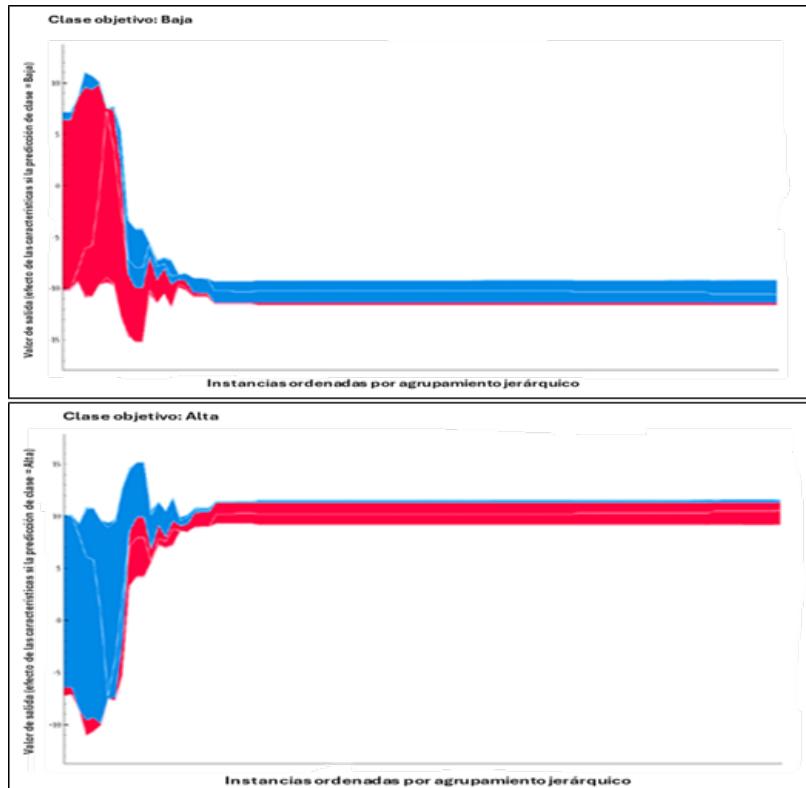
La Figura IV, muestra que en la clase de baja efectividad el modelo otorga mayor peso a la resocialización y al diseño educativo, cuyos valores bajos orientan la predicción hacia esta categoría. Esto indica que percepciones limitadas sobre el potencial rehabilitador y pedagógico, aumentan la probabilidad de valoración negativa. Estos hallazgos son consistentes con lo planteado por Quirogas-Carrillo et al. (2024), quienes advierten que los déficits en la formación específica sobre educación en contextos carcelarios se traducen en valoraciones negativas y simplificadas del fenómeno, muchas veces basadas en prejuicios o información incompleta.

En contraste, la predicción de la clase alta efectividad se explica por aportes

positivos de la resocialización y el diseño educativo, asociando estas valoraciones con un conocimiento más sólido. Asimismo, el avance en la carrera de Derecho aporta levemente, especialmente en semestres superiores vinculados a contenidos de derechos humanos y justicia restaurativa. Esta observación coincide con lo argumentado por Speed et al. (2020), quienes afirman que la formación avanzada incrementa la sensibilidad jurídica frente a los derechos de las personas privadas de libertad, y mejora la capacidad de análisis estructural sobre las condiciones del sistema penitenciario.

La Figura V, presenta una representación gráfica, conocida como *stacked area chart*, que permite examinar el impacto acumulado

y diferenciado de las variables independientes sobre las predicciones del modelo para las clases baja y alta, ordenadas jerárquicamente por similitud de instancia.



Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura V: Contribución acumulada de las variables predictoras en las clases de efectividad baja y alta

La Figura V, muestra que en la clase de baja efectividad existe alta variabilidad en la contribución de las variables, reflejando diferencias notables entre individuos. Esta oscilación indica que la percepción negativa depende de combinaciones específicas en factores como diseño educativo y resocialización. Este hallazgo se alinea con lo argumentado por Tavoschi et al. (2018), quienes advierten que las valoraciones negativas sobre la educación penitenciaria

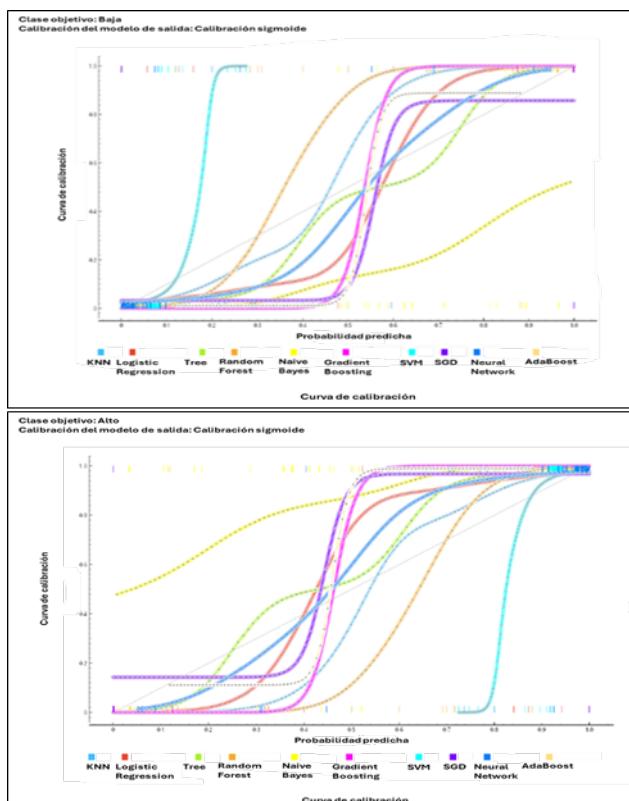
suelen estar asociadas a la falta de información estructurada, generando respuestas heterogéneas incluso dentro de poblaciones académicas similares. Conforme se avanza en las instancias, la gráfica muestra una estabilización, donde las contribuciones se vuelven más uniformes, reflejando una menor sensibilidad del modelo ante diferencias individuales en los casos con menor carga informativa.

En contraste, para la clase alta

efectividad, se observa un comportamiento inverso: Las primeras instancias muestran una contribución más homogénea y predominantemente positiva, lo que refleja una tendencia más consistente del modelo para clasificar a quienes poseen percepciones informadas y afirmativas respecto al valor de la educación penitenciaria. Este patrón es coherente con lo señalado por Kilkelly et al. (2023), quienes sostienen que los estudiantes con mayor exposición académica a temas vinculados a justicia penal, derechos humanos y reinserción social tienden a tener evaluaciones

más estables y fundamentadas sobre la función rehabilitadora de los programas educativos en contextos de privación de libertad.

Se presenta a continuación la Figura VI, correspondiente a las curvas de calibración (*Calibration Plot*) generadas para cada algoritmo. Estas curvas permiten contrastar la probabilidad estimada por el modelo con la frecuencia observada de la clase objetivo, permitiendo así valorar si el modelo está bien calibrado, es decir, si las predicciones probabilísticas reflejan adecuadamente la realidad empírica.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

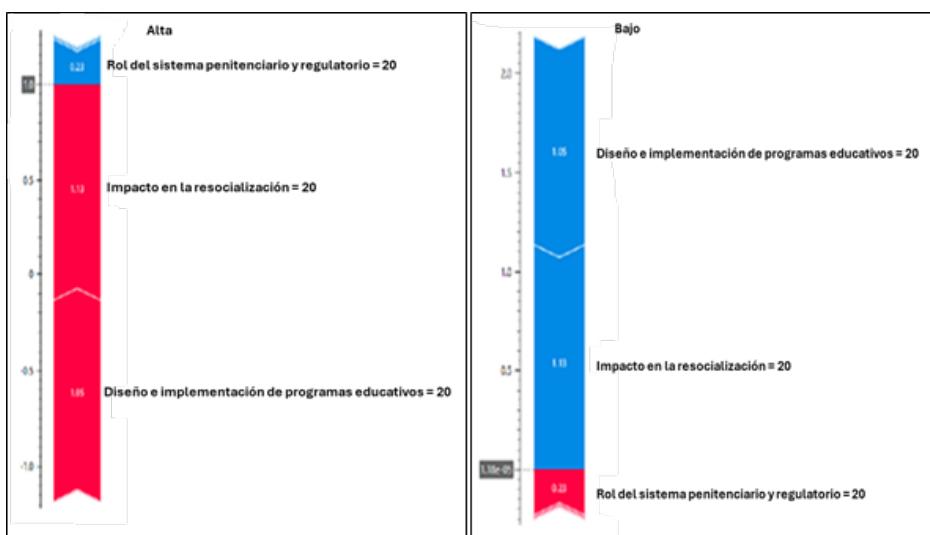
Figura VI: Curvas de calibración de los algoritmos de aprendizaje automático para la predicción del nivel de conocimiento penitenciario

La Figura VI muestra que, en la clase de baja efectividad, *AdaBoost*, *Gradient Boosting* y *Logistic Regression* presentan la mejor calibración al aproximarse a la diagonal ideal. Esto evidencia predicciones precisas y niveles de confianza ajustados, esenciales en decisiones basadas en evidencia cuantitativa. Estas observaciones son coherentes con los aportes de Bentéjac et al. (2021), quienes demostraron que modelos como *Gradient Boosting* presentan ventajas en términos de calibración, especialmente cuando se aplica una función sigmoide como método de ajuste.

En la clase de alta efectividad, *AdaBoost*, *Logistic Regression* y *Gradient Boosting* se confirmaron como los modelos más cercanos a la calibración ideal. Esta consistencia respalda

su precisión y capacidad de estimar con certeza en estudios de justicia educativa. Además, la baja calibración observada en modelos como *Neural Network* y *SVM* para ciertos rangos de probabilidad, coincide con estudios como el de Moradi et al. (2020), quienes señalan que modelos complejos tienden a generar predicciones mal calibradas si no se aplican técnicas de regularización adecuadas.

La Figura VII, permite identificar cómo cada variable contribuye positiva o negativamente a la asignación de una observación a la clase alta o baja efectividad del nivel de conocimiento penitenciario, utilizando una representación vertical de impacto ponderado.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura VII: Contribución individual de variables al nivel de conocimiento penitenciario según clase objetivo

La Figura VII, evidencia que en la clase de alta efectividad las variables más influyentes son la resocialización (1.13) y el diseño educativo (1.05), consolidando percepciones positivas del sistema penitenciario. En contraste, el rol regulador mostró un efecto

marginal (0.23). Este patrón evidencia que los factores pedagógicos y resocializadores tienen un peso explicativo superior al institucional, lo cual coincide con lo expuesto por Justice y Meares (2014) quienes identifican que los estudiantes valoran más el contenido educativo

y su potencial rehabilitador que el aparato normativo que lo regula. En este sentido, se argumenta que el nivel de conocimiento percibido responde a la internalización de valores formativos antes que al conocimiento del marco jurídico-administrativo.

En la clase de baja efectividad se observa un patrón inverso, donde la subvaloración de la resocialización (-1.13) y del diseño educativo (-1.05) impactan negativamente. Solo el rol del sistema penitenciario aporta levemente de forma positiva (0.23), reflejando una visión normativa más que pedagógica. Esta inversión interpretativa ha sido también abordada por Stamatou et al. (2022), quienes afirman que la ausencia de formación pedagógica específica sobre el sistema penitenciario genera percepciones basadas en estígmas institucionales, más que en evidencia formativa.

Por tanto, es necesario incorporar contenidos curriculares que prioricen la dimensión pedagógica y resocializadora de la educación penitenciaria, en coherencia con enfoques humanistas y restaurativos promovidos por organismos (Sánchez, 2020; Da Silva y Pich, 2024). Esta integración curricular no solo fortalecería el conocimiento sustantivo en el ámbito penitenciario, sino que también promovería una cultura jurídica más orientada a la transformación social.

Conclusiones

La educación penitenciaria ha sido reconocida como una herramienta fundamental para la resocialización y la garantía del derecho a la educación en contextos de privación de libertad. En este marco, el presente estudio tuvo como objetivo predecir la efectividad de la educación penitenciaria desde la perspectiva de estudiantes de la carrera de Derecho en la Universidad Estatal de Milagro-Ecuador, mediante la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático.

Los resultados obtenidos permitieron dar cumplimiento al objetivo planteado y, en consecuencia, responder a la pregunta de

investigación. El análisis multialgorítmico validó que los modelos *AdaBoost*, regresión logística y *gradient boosting* ofrecieron el mejor rendimiento predictivo, evidenciando su capacidad para estimar con precisión el nivel de efectividad atribuido a la educación penitenciaria. Se constató, además, que las variables con mayor peso explicativo fueron el diseño e implementación de programas educativos, así como el impacto en la resocialización; mientras que los factores sociodemográficos mostraron una contribución marginal.

Estas evidencias empíricas permitieron confirmar las hipótesis formuladas, ratificando que las percepciones estudiantiles están determinadas por factores formativos más que biográficos, y que la calidad del diseño pedagógico influye directamente en la valoración positiva del sistema educativo penitenciario.

Entre las limitaciones del estudio se destaca el tamaño muestral reducido y la aplicación restringida a una única carrera universitaria, lo cual limita la generalización de los hallazgos. Asimismo, la naturaleza transversal del diseño impidió evaluar cambios en la percepción a lo largo del tiempo. En futuras investigaciones se recomienda ampliar la muestra a estudiantes de otras disciplinas sociales y jurídicas, incorporar análisis longitudinales y complementar los modelos predictivos con enfoques cualitativos que permitan una comprensión más profunda.

Los hallazgos de este estudio constituyen una base empírica relevante para el rediseño de estrategias curriculares en la formación jurídica universitaria, promoviendo una visión crítica, informada y humanista sobre la educación en contextos de encierro, y contribuyendo al fortalecimiento de una justicia educativa más inclusiva, equitativa y orientada a la transformación social.

Referencias bibliográficas

Barbosa, R., Goldberg, A., y Díaz, X. P.

Licencia de Creative Commons
Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>

- (2022). Social reintegration programs for former inmates in Brazil: Is there a gender perspective? *Ciência & Saúde Coletiva*, 27(12), 4599-4616. <https://doi.org/10.1590/1413-81232022712.13012022en>
- Barton, K. C., y Ho, L.-C. (2021). *Curriculum for Justice and Harmony: Deliberation, knowledge, and action in social and civic education*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003010104>
- Bentéjac, C., Csörgő, A., y Martínez-Muñoz, G. (2021). A comparative analysis of gradient boosting algorithms. *Artificial Intelligence Review*, 54(3), 1937-1967. <https://doi.org/10.1007/s10462-020-09896-5>
- Bharati, S., y Podder, P. (2022). Machine and deep learning for iot security and privacy: Applications, challenges, and future directions. *Security and Communication Networks*. <https://doi.org/10.1155/2022/8951961>
- Cabral, S., y Santos, M.-F. (2018). Accountability mechanisms in public services: Activating new dynamics in a prison system. *International Public Management Journal*, 21(5), 795-821. <https://doi.org/10.1080/10967494.2016.1141815>
- Centeno, E., Mondragón, S. L., Ospina, E. F., y Franco, L. M. (2022). Resocialización de la pena: Retos desde las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVIII(4), 303-314. <https://doi.org/10.31876/rvcs.v28i4.39132>
- Da Silva, T. P., y Pich, N. (2024). A ressocialização de indivíduos encarcerados e o direito à educação. *RCMOS - Revista Científica Multidisciplinar O Saber*, 3(1), 1-10. <https://doi.org/10.51473/ed.al.v3i1.503>
- García, C., Marroquín, M. L., y Martínez, M. C. (2020). Visión resocializadora del sistema penitenciario en Colombia. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVI(4), 217-231. <https://doi.org/10.31876/rvcs.v26i4.34659>
- Gastil, J., Knobloch, K. R., Reedy, J., Henkels, M., y Cramer, K. (2018). Assessing the Electoral Impact of the 2010 Oregon Citizens' Initiative Review. *American Politics Research*, 46(3), 534-563. <https://doi.org/10.1177/1532673X17715620>
- Hathaway, P. (2016). Remaking the prisons of the market democracies: New experts, old guards and politics in the carceral fields of Argentina and Chile. *Crime, Law and Social Change*, 65(3), 163-193. <https://doi.org/10.1007/s10611-015-9579-1>
- Herrity, K., Schmidt, B. E. y Warr, J. (2021). Introduction: Welcome to the sensorium. In K. Herrity, B. E. Schmidt y J. Warr (Eds.), *Sensory Penalties: Exploring the Senses in Spaces of Punishment and Social Control* (pp. i-xxxiv). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-83909-726-320210016>
- Hornyák, O., e Iantovics, L. B. (2023). AdaBoost algorithm could lead to weak results for data with certain characteristics. *Mathematics*, 11(8), 1801. <https://doi.org/10.3390/math11081801>
- Jaitman, L. (2019). Frontiers in the economics of crime: lessons for Latin America and the Caribbean. *Latin American Economic Review*, 28(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s40503-019-0081-5>
- Joutsenvirta, M., y Vaara, E. (2015). Legitimacy struggles and political corporate social responsibility in international settings: A comparative discursive analysis of a contested investment in Latin America. *Organization*

Studies, 36(6), 741-777. <https://doi.org/10.1177/0170840615571958>

<https://doi.org/10.4018/979-8-3693-8623-1.ch013>

Justice, B., y Meares, T. L. (2014). How the criminal justice system educates citizens? *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 651(1), 159-177. <https://doi.org/10.1177/0002716213502929>

Payne, Y. A., y Bryant, A. (2018). Street participatory action research in prison: A methodology to challenge privilege and power in correctional facilities. *The Prison Journal*, 98(4), 449-469. <https://doi.org/10.1177/0032885518776378>

Kakupa, P., y Mulenga, K. M. (2021). Does correctional education matter? Perspectives of prisoners at a male adult maximum-security prison in Zambia. *International Journal of Educational Research Open*, 2, 100090. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2021.100090>

Phelps, M. S. (2011). Rehabilitation in the punitive era: The gap between rhetoric and reality in U.S. prison programs. *Law & Society Review*, 45(1), 33-68. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5893.2011.00427.x>

Kilkelly, U., Forde, L., Lambert, S., y Swirak, K. (2023). *Children in Conflict with the Law: Rights, Research and Progressive Youth Justice*. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-36652-9>

Polaschek, D. L. L. (2011). Many sizes fit all: A preliminary framework for conceptualizing the development and provision of cognitive-behavioral rehabilitation programs for offenders. *Aggression and Violent Behavior*, 16(1), 20-35. <https://doi.org/10.1016/j.avb.2010.10.002>

Linden, R., y Perry, L. (1983). The Effectiveness of Prison Education Programs. *Journal of Offender Counseling Services Rehabilitation*, 6(4), 43-57. https://doi.org/10.1300/J264v06n04_04

Pulido, M. L. (2023). Challenges to the Educational “Digital Divide” in Spanish Prisons. *European Journal on Criminal Policy and Research*, 29(2), 263-281. <https://doi.org/10.1007/s10610-021-09493-4>

Moradi, R., Berangi, R., y Minaei, B. (2020). A survey of regularization strategies for deep models. *Artificial Intelligence Review*, 53(6), 3947-3986. <https://doi.org/10.1007/s10462-019-09784-7>

Quiroga-Carrillo, A., Ferraces, M. J., y Lorenzo, M. (2024). Gender discrimination in prison: The perception of women inmates and prison professionals. *Societies*, 14(1), 5. <https://doi.org/10.3390/soc14010005>

Mukasheva, D., Tulkinbayev, N., Prilutskaya, M., Yessimova, D., y Stöver, H. (2024). Behind bars: Understanding prisoner perception of penitentiary rehabilitation in Kazakhstan. *International Journal of Law, Crime and Justice*, 77, 100669. <https://doi.org/10.1016/j.ijlcj.2024.100669>

Rangel, H. (2019). Cooperation and education in prison: A policy against the tide in the Latin American penitentiary crisis. *International Review of Education*, 65(5), 785-809. <https://doi.org/10.1007/s11159-018-9747-5>

Oganetse, D. K. (2025). Personalized Learning for Incarcerated Students. In S. Hai-Jew (Ed.), *Mitigating Learner Disadvantages in Teaching and Learning* (pp. 359-396). IGI Global.

Sánchez, M. D. (2020). *Educational and Cultural Challenges of the European Sustainability Model*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-38716-7>

- Shu, X., y Ye, Y. (2023). Knowledge Discovery: Methods from data mining and machine learning. *Social Science Research*, 110, 102817. <https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2022.102817>
- Speed, A., Thomson, C., y Richardson, K. (2020). Stay home, stay safe, save lives? An analysis of the impact of COVID-19 on the ability of victims of gender-based violence to access justice. *The Journal of Criminal Law*, 84(6), 539-572. <https://doi.org/10.1177/0022018320948280>
- Stamatiou, Y. C., Halkiopoulos, C., Giannoulis, A., y Antonopoulou, H. (2022). Utilizing a restricted access e-Learning platform for reform, equity, and self-development in correctional facilities. *Emerging Science Journal*, 6, 241-252. <https://doi.org/10.28991/ESJ-2022-SIED-017>
- Tavares, C., Nascimento, N., Alencar, P., y Cowan, D. (2025). Variability-Aware Machine Learning Model Selection: Feature modeling, instantiation, and experimental case study. *IEEE Access*, 13, 62527-62542. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3558218>
- Tavoschi, L., Vroeling, H., Madeddu, G., Babudieri, S., Monarca, R., Vonk Noordegraaf-Schouten, M., Beer, N., Gomes, J., O'Moore, É., Hedrich, D., y Oordt-Speets, A. (2018). Active case finding for communicable diseases in prison settings: Increasing testing coverage and uptake among the prison population in the European Union/European economic area. *Epidemiologic Reviews*, 40(1), 105-120. <https://doi.org/10.1093/epirev/mxy001>
- Tobón, S. (2022). Do better prisons reduce recidivism? Evidence from a prison construction program. *The Review of Economics and Statistics*, 104(6), 1256-1272. https://doi.org/10.1162/rest_a_01007
- Trivedi, C., y Ray, S. M. (2024). Equity, empowerment, and social justice: Social entrepreneurship for formerly incarcerated individuals. *New Horizons in Adult Education and Human Resource Development*, 36(1), 48-64. <https://doi.org/10.1177/19394225231223388>
- Villamar, R. M., Benavides, A. M., Orihuela, Z. F., y Ravello, A. A. (2024). Impacto de los programas de resocialización de centros penitenciarios femeninos latinoamericanos: Una revisión sistemática de literatura. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXX(3), 527-552. <https://doi.org/10.31876/rcc.v30i3.42694>