

Tipo de artículo: Artículo original

Revisión de algoritmos de Big Data aplicados a la plataforma educativa Moodle

Review of Big Data algorithms applied to the Moodle educational platform

Yandry José Olarte Sancán^{1*} , <https://orcid.org/0000-0002-9581-5557>

Marely del Rosario Cruz Felipe² , <https://orcid.org/0000-0003-1937-1568>

¹ Instituto de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador. yandry.olarte@utm.edu.ec

² Facultad de Ciencias Informáticas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador. marely.cruz@utm.edu.ec

* Autor para correspondencia: yandry.olarte@utm.edu.ec

Resumen

La implementación de sistemas de gestión del aprendizaje como Moodle, en instituciones educativas ha aumentado en los últimos años, la interacción de los estudiantes con la plataforma genera un gran volumen de datos, que en muchas ocasiones no son utilizados debido a que los análisis de aprendizaje tradicionales no son capaces de procesarlos dando surgimiento a nuevas áreas de investigación como la minería de datos. La presente investigación se efectuó con la finalidad de determinar cuáles son las principales técnicas de minería de datos, algoritmos y herramientas utilizadas para el análisis de los datos generados por Moodle. Para obtener los resultados se aplicó una revisión bibliográfica de artículos, organizándolos de acuerdo a la técnica aplicada, permitiendo a través de un análisis estadístico dar respuesta al objetivo de la investigación. En el análisis de los trabajos encontrados se observó los principales problemas a resolver como es el conocer los patrones de comportamiento de los estudiantes y predicciones. Con base a la investigación se determinó que las técnicas de minería de datos más utilizadas son la clasificación, agrupación y reglas de asociación, siendo la agrupación la de mayor uso, la herramienta más usada es Weka y entre los algoritmos de uso principal están el J48, k-medias y Apriori. Aplicar las técnicas de minería de datos a los registros de Moodle permite obtener nuevos conocimientos para docentes y autoridades de las instituciones educativas, a partir de los cuales tomar acciones correctivas para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje virtual.

Palabras clave: Minería de datos, Moodle, clasificación, agrupación, reglas de asociación, algoritmos.

Abstract

The implementation of learning management systems such as Moodle, in educative institutions has increased recently, the interaction of students with the platform allows to generate a large volume of data, which in many cases is not used due to learning analyzes traditional ones that are not capable of processing them, appearing new areas of research such as data mining. The present research was carried out with the purpose of determining which are the main data mining techniques, algorithms and tools used for the analysis of the data generated by Moodle. To obtain the results, a bibliographic review of articles was applied, organizing them according to the applied technique, allowing through a statistical analysis to respond to the objective of the research. In the analysis of the works found, the main problems to be solved were observed, such as knowing the behavior patterns of the students and predictions. Based on the research, it was determined that the most used data mining techniques are classification, grouping and association rules, with grouping being the most used, besides the most used tool is Weka and among the algorithms of main use are the J48, k-means and Apriori. Applying data mining techniques to Moodle records allows obtaining new knowledge for teachers and authorities of educative institutions, and it will help to take corrective actions to improve the virtual teaching-learning process.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**
(CC BY 4.0)

Keywords: *Data mining, Moodle, classification, clustering, association rules, algorithms.*

Recibido: 10/12/2021
Aceptado: 30/04/2022

Introducción

El avance de las tecnologías de la información, ha permitido que el sector educativo supere las limitaciones geográficas/temporales de los métodos tradicionales, dando lugar al surgimiento de nuevos modelos de enseñanza y aprendizaje como es el e-learning o b-learning. Estos nuevos modelos de enseñanza han propiciado el surgimiento de los Sistemas de Gestión de Aprendizaje (SGA), los cuales se usan para mediar el proceso de aprendizaje de los estudiantes en ambientes virtuales e híbridos (Codish et al., 2019).

Los SGA, generan gran volumen de datos producto de las interacciones de los estudiantes con la plataforma y estos se almacenan automáticamente en forma de registros en la base datos. A pesar de las capacidades que brinda estas plataformas al proceso de enseñanza, en ocasiones estas se encuentran infravaloradas debido a que las interacciones de los estudiantes en ellas se han limitado al acceso a un curso, revisar materiales, evaluaciones y demás actividades propuestas por el docente. Sin embargo, con el surgimiento de áreas de investigación como la minería de datos aplicada a la educación, se ha dado más atención en busca de explorar el potencial del gran volumen de datos almacenados en estos sistemas (Juhaňák et al., 2019).

Uno de los SGA mayormente utilizadas actualmente por muchas instituciones educativas para la implementación e impartición de cursos virtuales, es Moodle. La plataforma proporciona diversos recursos y actividades con la que interactúan los estudiantes y docentes, brinda cierta estadística y diversos tipos de reportes; así como plugin que extienden las funcionalidades de Moodle, sin embargo las instituciones presentan una gran dificultad al no contar con herramientas adecuadas que permitan analizar dichos datos ya sea por la rapidez con la que se generan o el volumen de contenido que poseen (Sigua et al., 2020b).

Una solución que plantean varios investigadores para obtener nuevos conocimientos de grandes volúmenes de datos es la aplicación de mecanismos de análisis Big Data a la plataforma Moodle. Big Data, se lo relaciona con la minería de datos, la cual es una disciplina que busca desarrollar nuevos métodos para explorar la información de los ambientes educativos con el fin de aprender la forma en que los estudiantes aprenden y poder tomar decisiones adecuadas que garanticen el éxito en el proceso educativo (Rosado Gómez & Verjel Ibáñez, 2017).



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**
(CC BY 4.0)

En la minería de datos, normalmente se involucran cuatro tipos de técnicas como son la clasificación, agrupamiento, aprendizaje de reglas de asociación y regresión. La aplicación de estas técnicas, genera nuevos conocimientos y dan la oportunidad que instituciones de educación superior puedan ofrecer mayor calidad educativa, diseñar nuevas técnicas y metodologías en el entorno virtual en beneficios de los estudiantes; la obtención de datos confiables a través de minería de datos, es un trabajo que requiere de tiempo y esfuerzo, pero actualmente existen técnicas de investigación documental que facilitan el análisis de la información existente en Moodle.

Una de las investigaciones que se puede mencionar es la presentada por (Bogarín Vega et al., 2015), que utiliza la técnica de la agrupación con el algoritmo Esperanza Maximización (EM), con la finalidad de descubrir rutas de aprendizaje frecuentes, obtener modelos de procesos e identificar el comportamiento de los estudiantes, a partir de los registros de Moodle de la actividad 84 alumnos.

(Akçapınar, 2016), con los datos de cursos en Moodle, desarrolla un modelo de clasificación que predice los enfoques de aprendizaje de los alumnos, para lo cual aplica minería de datos con algoritmos de agrupación, teniendo como resultado la identificación de estudiantes con aprendizajes profundos y superficiales; este conocimiento ayuda a intervenir oportunamente y dar retroalimentación a estudiantes que utilizan el aprendizaje superficial.

(Roldan & Castro, 2016), realiza un estudio sobre el comportamiento de los usuarios en la plataforma Moodle a partir de los registros de 9 cursos, para ello aplica un conjunto de algoritmos de Machine Learning a través de Big Data en el que:

- Agrupa a usuarios en tres categorías aplicando un mecanismo de agrupación.
- Busca patrones de comportamiento con reglas de asociación aplicando el algoritmo Apriori y
- Realiza una clasificación mediante, para predecir la nota de los estudiantes.

De manera similar (Shrestha & Pokharel, 2021), analiza los registros de Moodle generados por las interacción de 81 estudiantes e identifica las características más influyentes para desarrollar un modelo predictivo, aplicó cinco algoritmos de clasificación como K-Nearest, Neighbour, Naive Bayes, Support Vector Machine (SVM), Random Forest and CART, el estudio muestra que SVC tiene una mayor precisión en comparación con el resto de algoritmos, adicional la investigación contribuye a la identificación temprana del desempeño de los estudiantes.



En el trabajo de (Cantabella et al., 2019), analiza el comportamiento de los estudiantes con base a los registros, de 4 años académicos en todos los cursos para las diversas modalidades de la Universidad Católica de Murcia que asciende a 70 GB de datos, utiliza las herramientas de Big data con la aplicación de reglas de asociación con el algoritmo Apriori.

Son varias las propuestas o problemáticas que plantean los autores para la aplicación de técnicas minería de datos en el campo educativo, mediante esta investigación, se pretende conocer cuales son las principales técnicas de MD, algoritmos y herramientas de procesamiento son utilizados para analizar los registros de Moodle, conocimiento que se considera importante puesto que los resultados de análisis producto de la aplicación de las técnicas, permiten conocer tendencias, relaciones, patrones de comportamiento y predicción de abandono de los estudiantes, lo que contribuye a que las instituciones puedan tomar decisiones en busca de la mejora del proceso enseñanza – aprendizaje que se lleva a cabo a través de entornos virtuales.

Materiales y métodos

El presente estudio es de tipo documental, donde se aplicó una revisión bibliográfica de artículos científicos, referente al uso de técnicas de minería de datos, para el análisis de grandes volúmenes de datos generados por la plataforma Moodle. Para la localización de los artículos, se utilizaron base de datos como Scopus, Scielo y IEEE Xplore, cuya selección se limita en función de las palabras clave como: “Learning analytics Moodle behaviour”, “Big Data Moodle behaviour”, “data mining behaviour Moodle predicting”, predicting student Moodle” y “studend behaviour Moodle”.

El periodo de búsqueda se estableció, considerar publicaciones a partir del 2015 a 2021. Una vez identificados y seleccionados los artículos que guardan relación con el tema de investigación, se organizó la información en una matriz por autor, técnica aplicada, objetivo/problema, algoritmos y herramientas.

Finalmente se presenta un análisis de los datos obtenidos mediante tablas y gráficos estadísticos que permiten determinar las principales técnicas de minería de datos, algoritmos y herramientas que son utilizadas para el análisis de los grandes volúmenes de información educativa que se almacenan en la base de datos de Moodle.



Resultados y discusión

Selección y organización de los documentos

Después de una búsqueda en las diferentes fuentes bibliográficas, se encontró varios estudios relacionados al tema planteado desde el año 2015 a 2021. En la tabla 1 se resume los documentos seleccionados para el análisis.

Tabla 1. Resumen de documentos seleccionados para el análisis.

Autor	Técnica aplicada	Objetivo/problema	Algoritmos utilizados	Herramientas
(Bogarín Vega et al., 2015)	Agrupación	Aplicación de técnicas de minería de datos para descubrir rutas de aprendizaje frecuentes	algoritmo Esperanza Maximización (EM)	Weka
(Roldan & Castro, 2016)	Clasificación, Agrupación, Reglas de asociación	Estudia el comportamiento de los estudiantes en la plataforma a través de los registros de Moodle	C4.5, K-medias, Apriori	Hadoop
(Saiz Manzanares et al., 2018)	Agrupación	Conocer en orden jerárquico de importancia las conductas de aprendizaje de los estudiantes en la plataforma.	K-medias, Regresión, Coeficiente correlación de Pearson	Moodle
(Hidalgo Cajo, 2018)	Agrupación	Minería de datos educativos aplicados a los SGA con el fin de identificar patrones de comportamiento.	k-medias	SPSS, Rapidmining 7,5
(M. Hussain et al., 2018)	Agrupación, Clasificación	Registros de la interacción de los estudiantes para analizar y poder determinar usuarios inactivos y de bajo rendimiento.	Algoritmo FURIA, K-medias	Weka
(Cantabella et al., 2019)	Reglas de asociación	Estudio para detectar tendencias y anomalías en el uso de plataformas educativas en cualquier modalidad de aprendizaje., considerando el número de accesos al LMS, herramientas empleadas por los estudiantes y sus eventos asociados.	Apriori	Hadoop
(Osorio Jiménez, 2019)	Agrupación, Clasificación	Aplica técnicas de MD para identificar patrones de comportamientos y perfilamientos de usuarios a partir de la información generada por un SGA.	k-medias; J48, Apriori	Weka
(Rico Páez et al., 2019)	Agrupación	Construcción de modelos predictivos del rendimiento académico en estudiantes universitarios con técnicas de minería de datos para diseñar programas de prevención de reprobación y deserción escolar.	k-medias	N/E
(Felix et al., 2016)	Clasificación	Predecir los resultados y el rendimiento de los estudiantes.	Naïve Bayes.	Moodle Predicta



Autor	Técnica aplicada	Objetivo/problema	Algoritmos utilizados	Herramientas
(Camacho et al., 2018)	Clasificación, Agrupación, Reglas de asociación	Reconocer los patrones de comportamiento del profesorado universitario en el uso de las actividades y recursos que contiene el entorno de Moodle.	K-medias, Apriori, J48	Weka
(López-Zambrano et al., 2020)	Clasificación	Estudiar la portabilidad de modelos obtenidos directamente de los logs de Moodle de 24 cursos universitarios.	J48, C4.5	Weka
(Menacho, 2020)	Clasificación, Agrupación, Reglas de asociación	El objetivo del estudio es presentar una metodología para aplicar las TMD a la plataforma Moodle.	J48, K-medias, A priori	Weka
(Akçapınar, 2016)	Clasificación	Desarrollar un modelo de clasificación que prediga los enfoques de aprendizaje de los alumnos.	K-medias, k-vecinos, validación cruzada	Orange
(Osorio et al., 2018)	Agrupación, Regla de asociación	Análisis de las variables definidas en un modelo de estudiante de un componente adaptativo para la plataforma Moodle	k-medias, Apriori	Weka
(Shrestha & Pokharel, 2021)	Clasificación	Analizar los datos de Moodle e identificar las características más influyentes para desarrollar un modelo predictivo.	K Neigh Neighbor, Naïve Bayes y Support Vector Machine (SVM), Random Forest y CART	Weka
(Sigua et al., 2020a)	Agrupación	Análisis del comportamiento de estudiante con base a logs de Moodle.	k-medias	N/E
(S. Hussain et al., 2018)	Clasificación	Técnicas de minería de datos para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes y prevenir la deserción.	Random Forest, PART, J48, BayesNet Apriori	Weka
(Ding et al., 2018)	Agrupación	Agrupar estudiantes para definir características comunes de comportamiento.	k-medias	Hadoop
(Liang et al., 2016)	Clasificación	Estudio de la predicción de la deserción en los cursos MOOCs, comportamiento a partir de registros	SVM, Regresión GBDT, Random Forest, Árbol de decisión	N/E
(Reyes et al., 2017)	Reglas de asociación, Agrupación	Procesamiento de datos y análisis para que sea más eficiente el proceso de tutorías al identificar patrones de comportamiento.	Apriori, k-medias	Weka

Los trabajos que se presentan en la tabla 1, son artículos que guardan relación con el tema de investigación y se enfocaron en la aplicación de técnicas de minería de datos a grandes volúmenes de datos educativos, con la finalidad de conocer patrones de comportamiento y modelos que ayuden a mejorar el proceso educativo. La aplicación de estas técnicas se ha consolidado con la implementación de plataformas como Moodle que registran datos generadas por los estudiantes y profesores (Reyes et al., 2017).

Técnicas de minería de datos



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

La minería de datos, también denominada como Knowledge Discovery in Databases (KDD, Descubrimiento de conocimiento en bases de datos) se define como el proceso de extraer conocimiento oculto y desconocido, pero de gran interés, de grandes cantidades de datos. Para ello se utiliza algoritmos de Machine Learning.

Aunque cada estudio presenta diversas metodologías aplicadas para el análisis de los datos, por lo general se suele establecer cuatro etapas en un proceso de minería de datos:

1. Recolección de datos.
2. Pre- procesamiento de datos.
3. Aplicación de algoritmos.
4. Interpretación, evaluación y obtención de resultados.

La minería de datos en el sector educativo se enfoca en analizar la gran cantidad de datos que estudiantes y profesores generan con la finalidad de entender su comportamiento y la forma de aprendizaje. Estos datos generalmente se obtienen de plataformas de educación tecnológica como Moodle.

En la revisión bibliográfica elaborada, varios autores consideran que entre las principales aplicaciones de la minería de datos en la educación son los sistemas de recomendación, de personalización, de detección de irregularidades, clasificación de estudiantes y descubrimiento de relaciones entre actividades. Para lo cual se utilizan técnicas de minería como se muestra en la figura 1.

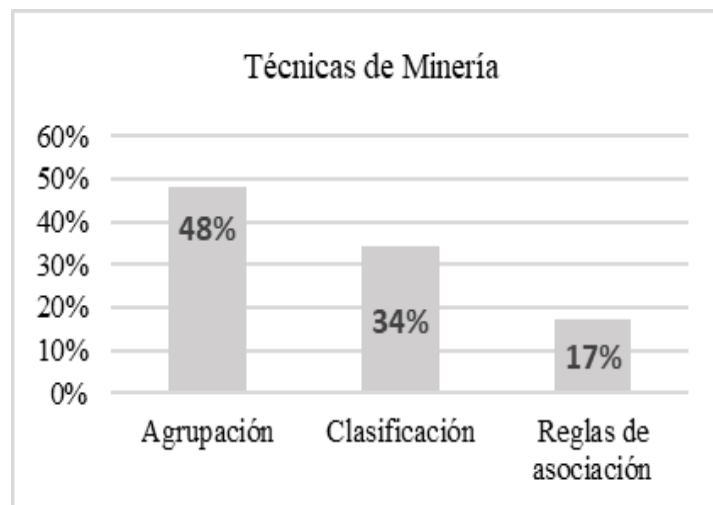


Figura 1. Porcentaje de uso de técnicas de minería de datos.



En la figura 1, se puede observar que de acuerdo a los trabajos seleccionados para el análisis de grandes volúmenes de datos generados en la plataforma Moodle, el 48 % de ellos utiliza la técnica de agrupación, el 34 % la clasificación y el 17 % las reglas de asociación, esto se da en relación a los objetivos o problemas planteados por los autores en su investigación.

En complemento al estudio realizado se presenta un resumen de los principales problemas identificados en las investigaciones de acuerdo a la técnica aplicada, como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Problemas educativos asociados a Técnicas de minería de datos aplicados en Moodle

Técnica	Objetivo de la técnica	Problema educativo propuesto
Agrupación	Descubrir grupos de datos que son similares con respecto a algún criterio, sin usar ningún patrón origen o criterios de partida	1. Agrupar a estudiantes para descubrir rutas de aprendizaje frecuentes. 2. Comportamiento de los estudiantes con las actividades y recursos de Moodle.
Clasificación	En base a datos anteriores se genera un mecanismo para clasificar en categorías pre – generadas nuevos elementos.	3. Predecir el rendimiento académico de los estudiantes. 4. Predecir la deserción de estudiantes de un curso.
Reglas de asociación	Se utilizan para descubrir hechos que ocurren en común dentro de un determinado conjunto de datos	5. Definir la relación entre actividades y recursos en Moodle. 6. Definir la relación de las actividades con la nota final del curso. 7. Para implementar sistemas de recomendación.

Algoritmos de minería de datos

De acuerdo al análisis de las revisiones bibliográficas se identificó los diversos algoritmos implementados por cada técnica de minería de datos como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3 – Principales técnicas y algoritmos aplicados en Big Data

Técnica	Algoritmo	Cantidad
Clasificación	J48	5
	Random Forest	3
	Support Vector Machine	3
	C4.5	2
	k-vecinos	2
	CART	1
	Esperanza Maximización (EM)	1
	Naïve Bayes	1
	PART	1



Técnica	Algoritmo	Cantidad
Agrupación	K-medias	13
Reglas de asociación	Apriori	8

La tabla 3, presenta diversos algoritmos de análisis identificados en los trabajos de investigación, para analizar los registros de Moodle, en la técnica de Clasificación se utiliza con mayor frecuencia los algoritmos J48 y el random forest; en cuanto a la técnica de Agrupación el algoritmo más utilizado es el k-medias y el algoritmo Apriori en Reglas de asociación.

Herramientas para minería de datos

Existen algunas herramientas diseñadas para extraer conocimientos desde base de datos que contienen grandes volúmenes de información como es el caso de la plataforma Moodle. En la figura 2 se presenta el porcentaje de utilización de las herramientas para aplicar minería de datos.

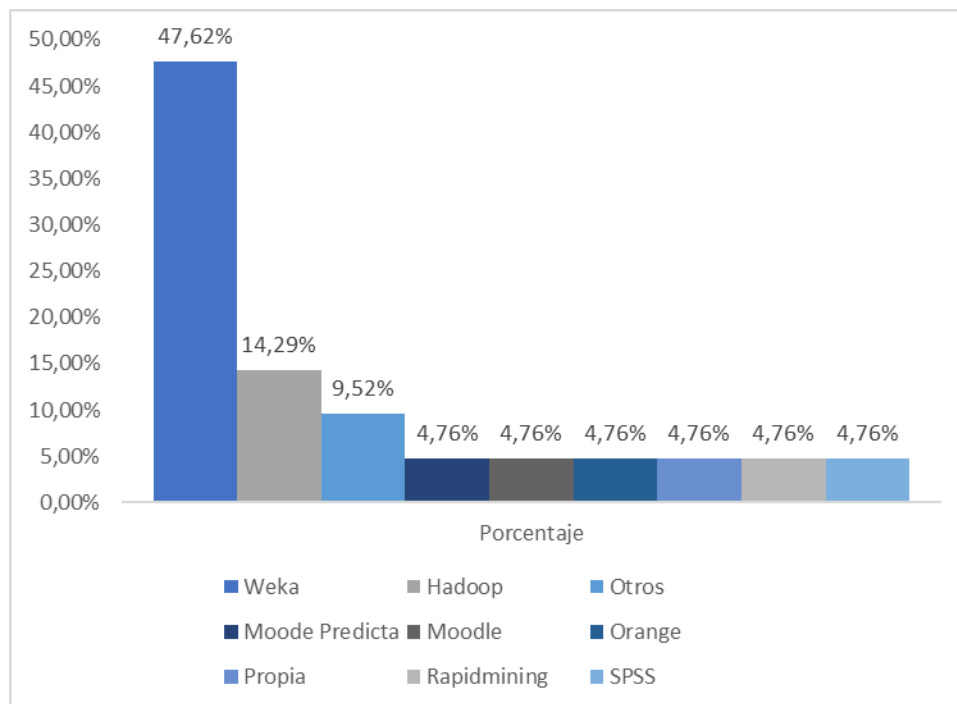


Figura 2. Porcentaje de utilización de herramientas para aplicar minería de datos



De acuerdo a esta investigación y lo presentado en la figura 2, se puede observar que la herramienta de mayor uso para analizar los registros en Moodle es Weka con un 47.62 %, seguida por herramientas de Big Data como hadoop con el 9,52 %, cabe mencionar que en los trabajos analizados en su mayoría han considerado un conjunto de estudiantes pequeños hasta 831, sin embargo para el análisis de cientos de miles de datos que se generan en diversas instituciones que tienen más de 20.000 estudiantes y otros miles de profesores, se requiere la utilización de una infraestructura Big Data que permita almacenar y procesar los datos educativos de manera exitosa y obtener resultados a partir de los cuales se pueda conocer patrones de comportamientos y predicciones de los estudiante, que permitan a docentes y demás autoridades tomar acciones para la mejorara del proceso de enseñanza y aprendizaje mediado por entornos virtuales.

Conclusiones

El uso de técnicas de minería aplicada a un gran volumen de datos educativos está en auge, existen un sin número de trabajos en los que es común la aplicación de determinadas técnicas; si es bien cierto muchos autores realizan análisis a un conjunto de registros bajo, se evidencia que los algoritmos son igualmente aplicados a los crecientes datos generados por la plataforma Moodle.

En este artículo se identificó que los principales algoritmos utilizados en el campo educativo son el J48 y Random forest en la técnica de clasificación, el k-medias en la agrupación y el algoritmo A priori en reglas de asociación. La herramienta de mayor uso es Weka, pero se determina que para el análisis de grandes volúmenes de datos que superen la capacidad de almacenamiento y procesamiento se utiliza herramientas de Big Data como Hadoop; este conocimiento consistente da la pauta para su aplicación en nuevas investigaciones, que busquen analizar el comportamiento de estudiantes y establecer predicciones, cuyos resultados contribuyan a que docentes y demás autoridades de las instituciones educativas tomen decisiones adecuadas en busca de la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje virtual.

Conflictos de intereses

No se declaran conflictos de intereses.



Contribución de los autores

1. Conceptualización: Yandry José Olarte Sancán, Marely del Rosario Cruz Felipe.
2. Curación de datos: Yandry José Olarte Sancán.
3. Análisis formal: Yandry José Olarte Sancán.
4. Investigación: Yandry José Olarte Sancán, Marely del Rosario Cruz Felipe.
5. Metodología: Yandry José Olarte Sancán, Marely del Rosario Cruz Felipe.
6. Administración del proyecto: Marely del Rosario Cruz Felipe.
7. Software: Yandry José Olarte Sancán.
8. Supervisión: Marely del Rosario Cruz Felipe.
9. Validación: Marely del Rosario Cruz Felipe.
10. Visualización: Marely del Rosario Cruz Felipe.
11. Redacción – borrador original: Yandry José Olarte Sancán, Marely del Rosario Cruz Felipe.
12. Redacción – revisión y edición: Yandry José Olarte Sancán, Marely del Rosario Cruz Felipe.

Financiamiento

La investigación no requirió de fuentes de financiamiento externo.

Referencias

- Akçapınar, G. (2016). Predicting students' approaches to learning based on moodle logs. *EDULEARN16 Proceedings*, 1(July), 2347–2352. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2016.1473>
- Bogarín Vega, A., Romero Morales, C., & Cerezo Menéndez, R. (2015). Aplicando minería de datos para descubrir rutas de aprendizaje frecuentes en Moodle. *EDMETIC*, 5(1), 73. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v5i1.4017>
- Camacho, P. E., Zapata, A., Menéndez, V. H., & Canto, P. J. (2018). Análisis del desempeño del profesorado universitario en el uso de MOODLE a través de técnicas de minería de datos: propuestas de necesidades formativas. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 58. <https://doi.org/10.6018/red/58/10>
- Cantabella, M., Martínez-España, R., Ayuso, B., Yáñez, J. A., & Muñoz, A. (2019). Analysis of student behavior in learning management systems through a Big Data framework. *Future Generation Computer Systems*, 90, 262–272. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.08.003>
- Ding, D., Li, J., Wang, H., & Liang, Z. (2018). Student Behavior Clustering Method Based on Campus Big Data.



Proceedings - 13th International Conference on Computational Intelligence and Security, CIS 2017, 2018-Janua, 500–503. <https://doi.org/10.1109/CIS.2017.00116>

- Felix, I., Ambrosio, A. P., Duilio, J., & Simões, E. (2016). *Predicting Student Outcome in Moodle*.
- Hidalgo Cajo, B. G. (2018). data mining in Learning Management Systems in University Education. In *Campus Virtuales* (Vol. 7, Issue 2). Campus Virtuales. www.revistacampusvirtuales.es
- Hussain, M., Hussain, S., Zhang, W., Zhu, W., Theodorou, P., & Abidi, S. M. R. (2018). Mining moodle data to detect the inactive and low-performance students during the moodle course. *ACM International Conference Proceeding Series*, 133–140. <https://doi.org/10.1145/3291801.3291828>
- Hussain, S., Dahan, N. A., Ba-Alwib, F. M., & Ribata, N. (2018). Educational data mining and analysis of students' academic performance using WEKA. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 9(2), 447–459. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v9.i2.pp447-459>
- Juhaňák, L., Zounek, J., & Rohlíková, L. (2019). Using process mining to analyze students' quiz-taking behavior patterns in a learning management system. *Computers in Human Behavior*, 92, 496–506. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.12.015>
- Liang, J., Yang, J., Wu, Y., Li, C., & Zheng, L. (2016). Big data application in education: Dropout prediction in edx MOOCs. *Proceedings - 2016 IEEE 2nd International Conference on Multimedia Big Data, BigMM 2016*, 440–443. <https://doi.org/10.1109/BigMM.2016.70>
- López-Zambrano, J., Lara, J. A., & Romero, C. (2020). Towards portability of models for predicting students' final performance in university courses starting from moodle logs. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/app10010354>
- Menacho, C. (2020). Técnicas de minería de datos aplicadas a la plataforma educativa Moodle. *Revista Tierra Nuestra*, 14(1), 137–146. <https://190.119.243.75/index.php/tnu/article/download/1509/1911>
- Osorio Jiménez, L. V. (2019). Análisis de variables definidas en un modelo de estudiante de un entorno de aprendizaje adaptativo sobre la plataforma Moodle, por medio de la aplicación de minería de datos. [Universidad Pontificia Bolivariana]. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1). <http://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-22.pdf>
- Osorio, L., Vélez, J., & Cardona, S. (2018). Análisis de variables de estudiantes en un curso bajo la metodología de proyectos formativos. *Revista Espacios*, 39, 22. <https://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-22.pdf>
- Reyes, A., Flores, A., Alejo, R., & Rendón, E. (2017). Minería de datos aplicada para la identificación de factores de riesgo en alumnos. *Research in Computing Science*, 139(1), 177–189. <https://doi.org/10.13053/rcs-139-1-14>



- Rico Páez, A., Gaytán Ramírez, N. D., & Sánchez Guzmán, D. (2019). Construcción e implementación de un modelo para predecir el rendimiento académico de estudiantes universitarios mediante el algoritmo Naïve Bayes. *Diálogos Sobre Educación*, 10(19). <https://doi.org/10.32870/dse.v0i19.509>
- Roldan, A., & Castro, J. (2016). *Mecanismos de análisis BigData para la caracterización de la actividad docente en un Campus Virtual Moodle*. <http://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/17475/TFM-G547.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Saiz Manzanares, M. C., Marticorena Sánchez, R., Arnaiz González, Á., Escolar Llamazares, M. del C., & Queiruga Dios, M. Á. (2018). Detección del alumno en riesgo en titulaciones de Ciencias de la Salud: aplicación de técnicas de Learning Analytics. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 8(3), 129. <https://doi.org/10.30552/ejihpe.v8i3.273>
- Shrestha, S., & Pokharel, M. (2021). Educational data mining in moodle data. *International Journal of Informatics and Communication Technology (IJ-ICT)*, 10(1), 9. <https://doi.org/10.11591/IJICT.V10I1.PP9-18>
- Sigua, E., Aguilar, B., Pesantez-Cabrera, P., & Maldonado-Mahauad, J. (2020a). Proposal for the Design and Evaluation of a Dashboard for the Analysis of Learner Behavior and Dropout Prediction in Moodle. *Proceedings of the 15th Latin American Conference on Learning Technologies, LACLO 2020*. <https://doi.org/10.1109/LACLO50806.2020.9381148>
- Sigua, E., Aguilar, B., Pesantez-Cabrera, P., & Maldonado-Mahauad, J. (2020b). Proposal for the Design and Evaluation of a Dashboard for the Analysis of Learner Behavior and Dropout Prediction in Moodle. *Proceedings of the 15th Latin American Conference on Learning Technologies, LACLO 2020*. <https://doi.org/10.1109/LACLO50806.2020.9381148>

