

<https://doi.org/10.23913/ride.v13i26.1424>

Artículos científicos

**Acceso a tecnologías en el rendimiento universitario en tiempos
del covid-19: análisis de asociación por clústeres**

*Access to technologies in university performance in times of covid-19:
analysis of association by clusters*

*Acesso a tecnologias no desempenho universitário em tempos de covid-19:
análise de associação por clusters*

Martha Jiménez García

Instituto Politécnico Nacional, México

majimenez@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0002-8556-2955>

Pilar Gómez Miranda

Instituto Politécnico Nacional, México

pgomez@ipn.mx

<http://orcid.org/0000-0002-1480-3061>

José Antonio Romero García

Instituto Politécnico Nacional, México

jromerog2103@alumno.ipn.mx

<http://orcid.org/0000-0001-9955-7623>

Rosa Sara Jiménez Jiménez

Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, México

sara.jimenez@politicas.unam.mx

<http://orcid.org/0000-0003-0760-5697>

Resumen

Ante los conflictos generados por el covid-19 en el ámbito educativo, las instituciones de educación superior se vieron en la necesidad de trasladar sus actividades al plano virtual, lo que modificó significativamente las formas de enseñanza y aprendizaje, y provocó nuevos retos y desafíos para el rendimiento académico de los estudiantes. En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue analizar la asociación entre el rendimiento académico y el número de días de inactividad por covid-19. Para tal fin, se utilizó una metodología cuantitativa descriptiva de análisis no supervisado en una universidad pública de la Ciudad de México.

Entre los resultados obtenidos, se encontró que en su mayoría el promedio de calificaciones de los estudiantes fue de 7.9 y 8.5, con una media de 8.2. Asimismo, se decidió dividir a los alumnos en tres grupos (clústeres) según su rendimiento académico, y se encontró una asociación entre el rendimiento y el uso de las tecnologías de información (TI). En conclusión, se determinó que el uso de las TI está asociado con un mayor rendimiento académico de los estudiantes universitarios, a pesar de estudiar en un entorno afectado por la pandemia de covid-19. Por lo tanto, se considera importante garantizar el acceso de todos los estudiantes a estas herramientas mediante una buena conectividad a internet.

Palabras clave: rendimiento académico, covid-19, universidades públicas, herramientas tecnológicas, uso de TIC.

Abstract

Due to the COVID-19 pandemic, higher education institutions have had to shift their activities to the virtual realm, resulting in significant changes to teaching and learning methods and presenting new challenges for students' academic performance. This research aimed to examine the association between academic performance and the number of days of COVID-19-related inactivity. A descriptive quantitative methodology of unsupervised analysis was employed in a public university in Mexico City.

The results revealed that the majority of students had a grade point average between 7.9 and 8.5, with an average of 8.2. The students were also divided into three groups (clusters) based on their academic performance, and it was found that there was a correlation between performance and the use of information technologies (IT). In conclusion, it was determined that the use of IT was associated with higher academic performance among university

students, despite studying in an environment affected by the COVID-19 pandemic. Therefore, it is essential to ensure that all students have access to these tools by providing good internet connectivity.

Keywords: academic performance, COVID-19, public universities, technological tools, ICT use.

Resumo

Diante dos conflitos gerados pela covid-19 no campo educacional, as instituições de ensino superior se viram na necessidade de transferir suas atividades para o plano virtual, o que modificou significativamente as formas de ensinar e aprender, e trouxe novos desafios para o desempenho acadêmico dos alunos. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi analisar a associação entre o desempenho acadêmico e o número de dias de inatividade devido à covid-19. Para tanto, foi utilizada uma metodologia quantitativa descritiva de análise não supervisionada em uma universidade pública da Cidade do México.

Dentre os resultados obtidos, constatou-se que a maioria das notas médias dos alunos foram 7,9 e 8,5, com média de 8,2. Da mesma forma, decidiu-se dividir os alunos em três grupos (clusters) de acordo com seu desempenho acadêmico, e foi encontrada uma associação entre o desempenho e o uso de tecnologias de informação (TI). Em conclusão, foi determinado que o uso de TI está associado a um maior desempenho acadêmico de estudantes universitários, apesar de estudarem em um ambiente afetado pela pandemia de covid-19. Portanto, considera-se importante garantir o acesso de todos os alunos a essas ferramentas por meio de uma boa conectividade com a internet.

Palavras-chave: desempenho acadêmico, covid-19, universidades públicas, ferramentas tecnológicas, uso de TIC.

Fecha Recepción: Septiembre 2022

Fecha Aceptación: Marzo 2023

Introducción

La pandemia del covid-19 ha tenido un impacto significativo en la educación superior a nivel mundial, lo que ha obligado a las instituciones a reconsiderar el uso y las capacidades de las tecnologías de información (TI) (Gamage *et al.*, 2020). En este contexto, se han tomado medidas para responder a las nuevas condiciones, aprovechando los nuevos recursos para adaptarse al confinamiento y garantizar la educación a distancia a través de ellas (Tuyishimire

et al., 2022). Todo esto en consonancia con el objetivo de desarrollo sostenible número 4, que promueve la calidad y las oportunidades de aprendizaje para toda la vida (Naciones Unidas, 2020), lo que permite la movilidad social y económica.

La inclusión de las TI ha sido aceptada por los universitarios, ya que son nativos digitales (Youssef *et al.*, 2022). Esto les ha permitido aceptarlas con responsabilidad (Limniou *et al.*, 2021) y facilitado el aprendizaje para aquellos que son autodidactas (Hidalgo, 2021). De hecho, debido a que cada día hay un aumento en el uso de aplicaciones informáticas educativas (Adeyeye *et al.*, 2022) y los alumnos tienen acceso a más recursos digitales (Cobo-Rendon *et al.*, 2021), algunos autores consideran que las tecnologías logran aumentar el rendimiento académico de los estudiantes universitarios (González *et al.*, 2020).

Sin embargo, el Banco Mundial encontró que el aprendizaje en línea no ha resultado del todo exitoso debido a la necesidad de maestros efectivos, tecnología adecuada y alumnos comprometidos (Pintor, 2020). Además, estos resultados desfavorables se deben a diversos factores sociales y económicos que responden al contexto individual, por ejemplo, el technoestrés de los alumnos (Essel *et al.*, 2021), que se refiere a la saturación de actividades individuales y educativas en el plano virtual; las nuevas habilidades que deben adquirir los docentes (Aristovnik *et al.*, 2020; Lu *et al.*, 2020), cuya adaptación al nuevo sistema de enseñanza no fue fácil para todos; y la dificultad añadida de los problemas de conectividad con internet (Ilieva *et al.*, 2021; Ruiz *et al.*, 2021), así como los problemas relacionados con la desigualdad en el acceso a un espacio de estudio (Torres-Díaz *et al.*, 2022).

Aunque en México se han tratado de disminuir estas desigualdades de recursos y la brecha digital con el programa Aprende en Casa para la educación básica, en la educación superior las universidades atendieron solamente a alumnos que —además de vivir en situación de bajos recursos, es decir, sin acceso a internet en casa ni dispositivos electrónicos— tuvieran un promedio de calificaciones mínimo de 8. No obstante, aunque esto beneficia a algunos estudiantes con necesidades especiales, no cubre a todos. Un alumno que vive en situación de bajos recursos económicos, y no tiene acceso a internet ni cuenta con dispositivos electrónicos para realizar sus tareas, difícilmente podrá lograr el rendimiento académico que se refleja en un promedio de 8 en adelante en la escala del 5 al 10.

La reflexión acerca de estos problemas, así como el análisis de otras investigaciones a nivel global sobre el tema covid-19, tecnología y rendimiento académico hacen indispensable un análisis de la situación en México para valorar los conocimientos de los alumnos (Sobral y De Oliveira, 2021), lo cual también les proporciona a estos últimos

información sobre su desempeño final (Orsmond *et al.*, 2000). Sin embargo, en el país existen pocas indagaciones que evalúen la asociación entre estos puntos en la educación superior, a pesar de que las desigualdades sociales entre estudiantes se hacen más evidentes.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es analizar la asociación entre el rendimiento académico y los días de inactividad por covid-19, las materias en las que se inscribe un alumno, la asistencia a clases en línea estando enfermo, el acceso a las TI, la comunicación con dichas tecnologías, el docente que imparte clases con TI y si cubrió todos los temas con tecnología. Esta asociación se utilizó para encontrar grupos a través del método de K-means y analizar su relación en el rendimiento académico del alumno, que fue medido como el promedio de calificaciones en el periodo escolar enero-junio de 2021.

De este modo, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿en el nivel superior pueden las TI aumentar el rendimiento académico en tiempos de pandemia por covid-19? Esta cuestión se responde con los resultados presentados más adelante en la gráfica de los tres clústeres que se encontraron. A continuación, se presenta literatura científica que justifica la investigación.

Rendimiento académico con herramientas digitales en tiempos de covid-

19

La educación a distancia mediante medios digitales ha demostrado ser el único recurso disponible como sustituto de los métodos tradicionales de aprendizaje en persona debido al bloqueo global generado por la pandemia de covid-19. Por esta razón, las instituciones educativas de todo el mundo han invertido mucho en educación a distancia, ya que este método ha demostrado que aumenta el rendimiento académico de los estudiantes (Alam *et al.*, 2021). En tal sentido, se ha indicado que a mayor porcentaje de recursos educativos vistos a través de tecnologías digitales se obtiene un mayor rendimiento académico (Cobo-Rendon *et al.*, 2021). Entre estas herramientas se pueden mencionar las plataformas educativas como Zoom y Moodle, las cuales han tenido un impacto positivo en el rendimiento académico de los estudiantes en cursos que involucran prácticas (Adeyeye *et al.*, 2022).

Sin embargo, es importante considerar que la adopción de herramientas digitales debido a la pandemia ha tenido efectos adversos (como el tecnoestrés), a pesar de sus ventajas tanto para los estudiantes como para el cuerpo docente (Essel *et al.*, 2021). En efecto, la sobrecarga de actividades en el espacio virtual, así como la desaparición de las fronteras

físicas entre el trabajo y el hogar pueden afectar de manera negativa la salud mental y el tiempo de descanso u ocio.

Aun así, durante el confinamiento, las nuevas tecnologías y plataformas didácticas han permitido que las nuevas metodologías se elevaran por encima del ecosistema educativo como un proceso adaptativo que se inició hace un par de años para formar a las futuras generaciones con habilidades para la innovación y la creatividad que son requeridas en el ámbito laboral (Ruiz *et al.*, 2021).

La pandemia también ha presentado factores que pueden ser clave en la educación futura, ya que los estudiantes han expresado que entre todos los recursos digitales que les gustaría conservar después del confinamiento se encuentran las clases grabadas (96 %), las notas de video (74 %), las tutorías en línea (51 %) y la posibilidad de tener clases en casa (43 %) (Ruiz *et al.*, 2021). Esto demuestra que entre los beneficios que ofrece la educación en línea se encuentra la posibilidad de revisar las actividades que no se comprendieron del todo durante el tiempo real de la clase y acceder a tutorías desde el hogar, lo que permite una mayor concentración al no tener que desplazarse por la ciudad.

Días inactivos por covid-19

Algunos estudiantes han experimentado días de aprendizaje inactivo debido a problemas de conectividad a internet (Lahiri y Sinha, 2021). Por otro lado, en una universidad privada en Riyadh, Arabia Saudita, se encontró que el 37 % de los estudiantes faltaron a clases por temor al contagio de covid-19, mientras que el 10 % de los estudiantes temían no poder asistir a los exámenes si contraían el virus (Rashid *et al.*, 2022). Por lo tanto, se recomienda llevar a cabo estudios sobre el absentismo académico en tiempos de pandemia (Nathwani *et al.*, 2021), ya que se ha reportado hasta un 44 % de absentismo académico debido al covid-19 en las universidades (Gressman y Peck, 2020).

En la Universidad Autónoma de Madrid (González *et al.*, 2020), se analizaron los efectos del confinamiento por covid-19 en el rendimiento de los estudiantes universitarios, para lo cual dividieron a 458 estudiantes en dos grupos: uno de control y otro experimental. Los resultados demostraron que la educación en línea durante el confinamiento tuvo un efecto positivo y significativo en el rendimiento académico de los estudiantes, lo cual puede demostrar que las tecnologías de la información son útiles y necesarias en el proceso de aprendizaje.

Lo anterior se observa también en un aumento del uso de aplicaciones para aprender idiomas, entrenamiento virtual, herramientas de videoconferencia y programas de aprendizaje en línea a partir del covid-19 (Adeyeye *et al.*, 2022). Si bien todo esto surgió en gran medida debido al confinamiento y al aumento del tiempo en la rutina de las personas, también evidencia el interés de las personas por aprender y lo sencillo que resulta el uso de las tecnologías de la información.

En Nigeria, al menos el 91 % de los estudiantes se vieron afectados por el cierre de las instituciones de educación superior. Aun así, a pesar de las dificultades de los estudiantes para adaptarse a la nueva modalidad, el 73.9 % de ellos consideró que las plataformas de aprendizaje en línea son más convenientes que el aprendizaje convencional, ya que les permite asistir a clases desde su hogar y controlar los materiales del curso (Adeyeye *et al.*, 2022).

En general, los estudiantes no experimentaron problemas significativos para adaptarse a las transformaciones digitales debido a su compromiso con las tecnologías de la información en su vida universitaria y personal. Sin embargo, la pandemia de covid-19 obligó a cambiar hábitos y a aprovechar la experiencia para desarrollar enfoques y estrategias de autorregulación que pueden afectar tanto la enseñanza como el aprendizaje, lo que puede verse reflejado al término del confinamiento (Limniou *et al.*, 2021).

Por otro lado, en la Universidad del Sureste de China se encuestó a 39 854 estudiantes para medir la eficacia de la educación en línea. Los resultados demostraron que si bien el covid-19 tuvo un impacto severo en el progreso educativo normal, las universidades aprovecharon tal momento para detectar deficiencias y acelerar la reforma de la educación en línea a través de las TI (Sun *et al.*, 2020).

Acceso a las TI

El uso de las TI como herramientas para el aprendizaje y la educación de calidad es esencial y útil, ya que satisfacen la demanda de los usuarios. No obstante, el acceso a la conectividad puede dificultar el proceso de aprendizaje y el rendimiento académico cuando se utilizan con fines educativos. Durante la pandemia del covid-19, la conexión a internet se ha convertido en un conflicto social en todo el mundo, ya que la falta de una buena conexión impide continuar adecuadamente con las rutinas laborales y otras actividades que se trasladaron al plano virtual a partir del confinamiento, incluyendo la educación en línea.

Los estudiantes de una universidad en China informaron que la calidad de la conectividad a internet (32.4 %), la falta de una sala de estudio (20.5 %), la falta de interés de los profesores en impartir clases en línea (18.1 %) y la falta de un dispositivo de comunicación adecuado (8.1 %) son los principales problemas que enfrentan (Ilieva *et al.*, 2021). Además, los estudiantes que viven en áreas rurales experimentan con mayor frecuencia una conexión lenta a internet, y el bajo estatus económico se convierte en una barrera para contar con un ambiente físico adecuado para un buen rendimiento académico.

Ruiz *et al.* (2021) coinciden en que tanto estudiantes como profesores se enfrentaron a problemas logísticos después del confinamiento, como el ancho de banda, los servidores, la infraestructura para impartir clases en línea y el acceso a los puntos de conexión. Además, cada profesor tuvo que adaptar su materia al nuevo sistema de educación en línea, lo que podría haber provocado una disparidad en su ritmo de adaptación a las nuevas circunstancias.

Por lo tanto, es necesario garantizar el acceso universal a internet para permitir el uso constante de las TI y, por lo tanto, el aprovechamiento de estas en los procesos de educación y aprendizaje. Es crucial atender la necesidad más urgente de proporcionar conectividad en las comunidades rurales.

Comunicación con TI

La población estudiantil actual está compuesta por “nativos digitales” que han crecido con las nuevas tecnologías. Para estos estudiantes, el uso de las TI es común, y el rendimiento académico mejora con el uso innovador y colaborativo de las TI, siempre y cuando los usuarios tengan como objetivo mejorar su aprendizaje. Por ejemplo, los estudiantes autodidactas se benefician de las ventajas de las herramientas en línea, aunque otros pueden encontrar dificultades para adaptarse, lo que puede deberse a dos factores principales: el poco acceso a estas herramientas o el desinterés por utilizarlas para estos fines (Hidalgo *et al.*, 2021; Youssef *et al.*, 2022).

De hecho, aunque el uso de TI en los procesos de aprendizaje universitario ha generado distintos beneficios tanto para estudiantes como para docentes, también se ha observado que su uso reduce la participación en el aprendizaje colaborativo, la interacción entre estudiantes y profesores, y el debate bidireccional. Esto se debe a la interacción constante entre pantallas y, por lo tanto, al límite de comunicación entre pares. Por ello, es

importante analizar aspectos de comunicación de TI entre profesores y alumnos (Álvarez-Risco *et al.*, 2021).

La investigación de Haider y Al-Salman (2020) expuso que, en una universidad de Jordania durante la pandemia por covid-19, de 775 estudiantes, el 59.5 % señaló que la interacción cara a cara contribuye significativamente a mejorar su rendimiento académico, mientras que el 55.5 % mencionó que el volumen de tareas a través de *e-learning* generaba confusión, frustración y bajo rendimiento. Esto muestra que, pese a los beneficios de estas herramientas en el proceso de aprendizaje, algunas TI aún tienen deficiencias de comunicación entre pares.

Continuando con los aspectos de comunicación, se observa que el diálogo alumno-alumno y el diseño del curso son factores predictivos de los resultados de aprendizaje percibidos, mientras que el diálogo docente-alumno es un factor determinante en la iniciativa del estudiante. Esto expone la interacción personal en el intercambio de ideas como fundamental en el proceso de aprendizaje (Tsang *et al.*, 2021).

Profesores que utilizan las TI

Con una muestra de 30 383 estudiantes de 62 países, Aristóvnik *et al.* (2020) expusieron en su estudio que, durante el confinamiento y la transición al aprendizaje en línea, los estudiantes estaban satisfechos con el apoyo que les brindaron el personal docente y las relaciones públicas de sus universidades. Sin embargo, las deficientes habilidades en tecnología de la información y la mayor carga de trabajo, principalmente en alumnos con problemas económicos, les impidieron percibir su propio desempeño (Aristovnik *et al.*, 2020). Estos datos demuestran que, como se ha mencionado antes, pese a los beneficios que ofrecen las herramientas tecnológicas, estas no pueden aprovecharse por completo cuando existen desigualdades de acceso y conocimiento.

Ante el confinamiento, los docentes universitarios tuvieron que pasar rápidamente de la enseñanza presencial a la enseñanza en línea para asegurar la continuidad académica. En tal escenario, las instituciones debieron favorecer esta modalidad con la incorporación de herramientas virtuales y sistemas de gestión de aprendizaje. No obstante, para que estas herramientas pudieran jugar un papel positivo en la enseñanza, tanto estudiantes como docentes tenían que adquirir nuevas habilidades en el uso de recursos tecnológicos (Cobo-Rendon *et al.*, 2021). Sin embargo, esto no fue igual para todos, ya que dependiendo del

contexto social, económico y emocional de cada persona, algunos pudieron aprender mejor estas habilidades que otros.

En cuanto a la aceptación de las TI durante el confinamiento por parte de los docentes, se encontró que en una universidad de Chile, 38 de 251 docentes tuvieron baja aceptación tecnológica, siendo la mayoría hombres. Además, se encontró que estos docentes tenían tiempos de conexión más cortos en comparación con los docentes con alta aceptación tecnológica (Cobo-Rendon *et al.*, 2021). Si bien esta no es una muestra amplia, puede explicar que el uso y aprovechamiento de las TI está relacionado con el conocimiento de uso y acceso a éstas. En otras palabras, si una persona no tiene un fácil acceso a internet o no tiene las habilidades suficientes para utilizar la herramienta, le será más difícil adaptarse a la educación en línea, por lo que dará prioridad al sistema tradicional.

Con la actual combinación de los dos modos de aprendizaje (presencial y en línea), es necesario que los docentes adquieran herramientas fáciles de usar que les permitan monitorear el proceso de aprendizaje y detectar a los estudiantes en riesgo desde una etapa temprana. Esto se traduce en bajas tasas de abandono escolar (7 %) y alta satisfacción de los estudiantes con el proceso de enseñanza-aprendizaje (4.56 sobre 5) (Sáiz-Manzanares *et al.*, 2021).

Por otra parte, cabe resaltar que el *e-learning* presenta limitaciones en cuanto a que tanto docentes como estudiantes deben poseer habilidades, conocimientos y experiencia en tecnología, así como habilidades pedagógicas para completar el curso (Lu *et al.*, 2020). La falta de destrezas en TI puede llevar a un bajo rendimiento académico y falta de motivación para aprender. Por ende, la construcción de cursos en línea que satisfagan las necesidades de los estudiantes en condiciones limitadas representa un desafío para las universidades (Lu *et al.*, 2020), ya que esto implica que los docentes cubran estas habilidades y ofrezcan un curso adecuado para el aprendizaje en línea, así como el acceso de cada estudiante a estas herramientas.

En México, algunas universidades han ofrecido apoyo económico y material (entrega de *tablets*) para pagar la conexión a internet, pero este esfuerzo no puede considerarse suficiente si solo se ofrece en algunos planteles y en algunas condiciones de selección para recibir dicho apoyo.

Temas con TI

Durante la pandemia de covid-19, se han utilizado materiales elaborados con TI en la educación superior para transferir conocimientos, por lo que las universidades deben continuar experimentando con las tecnologías disponibles en el mercado, como diversos tableros de mensajes y funciones de chat, lo cual ofrece un gran beneficio y puede conducir a una fuerza laboral más autosuficiente con niveles variables de mayor productividad y adaptación al cambio (Linnes *et al.*, 2022).

Resulta esencial tener en cuenta que una menor cantidad de materiales digitales para cubrir los temas de un curso es un obstáculo para los estudiantes para lograr un aprendizaje efectivo (Noor *et al.*, 2020). Además, los materiales digitales son más flexibles, ya que los estudiantes pueden consultarlos desde cualquier parte del mundo (Haugom, 2022).

En este contexto, surge la siguiente pregunta: ¿existe una asociación significativa entre el rendimiento académico, los días de inactividad debido a covid-19, el acceso a las TI, la comunicación con TI, los profesores que utilizan TI y los temas cubiertos con TI?

Para responder dicha interrogante se plantea esta hipótesis: el acceso a las TI, la comunicación con TI y los temas cubiertos con TI generan un mayor rendimiento académico, medido por el promedio de calificaciones de los alumnos que hacen uso de las TI, a pesar de que los alumnos hayan presentado días inactivos o ausencia a sus clases debido a contagios por covid-19.

Método

La presente investigación se llevó a cabo en una universidad pública de la Ciudad de México, en la que se estudió una población de 13 500 alumnos. Se seleccionó una muestra aleatoria de 440 estudiantes inscritos en el periodo escolar de enero a junio de 2021. El estudio fue de tipo cuantitativo y descriptivo, con análisis no supervisado, ya que no se utilizó una variable dependiente, sino que se crearon clústeres mediante asociación.

Participantes

Los participantes del estudio fueron estudiantes universitarios de una escuela pública del Instituto Politécnico Nacional en la Ciudad de México, que fueron seleccionados al azar y de forma voluntaria. Los alumnos pertenecían a cinco programas de estudio diferentes (Administración Industrial, Ingeniería del Transporte, Ingeniería Informática, Ingeniería

Industrial y Ciencias de la Informática). Algunos habían sufrido contagio de covid-19 y habían estado ausentes o inactivos en el entorno académico. Estos estudiantes universitarios pueden elegir la cantidad de materias a las que se inscriben (desde 1 hasta 10 materias), ya que pueden tomar una carga mínima o máxima. Los estudiantes también provenían de diferentes regiones de México, donde el acceso a internet presentaba diferentes tipos de ancho de banda, y algunos estudiantes residían en comunidades rurales sin acceso a internet.

Instrumento de investigación

Se utilizó una encuesta semiestructurada en línea, a través de los formularios de Google, en la que se solicitaron los siguientes datos: 1) información académica como el semestre al que estaban inscritos, número de materias que estaban cursando, cantidad de materias reprobadas, promedio general de calificaciones, entre otras preguntas, 2) información relacionada con covid-19, como contagios, tipo de vacuna, días de inactividad académica debido al contagio del virus, 3) acceso a tecnología por parte de los alumnos, tanto de hardware como de software, 4) comunicación a través de las TI, y 5) el apoyo de los profesores en la impartición de clases con tecnologías digitales.

Previamente, se realizó una prueba piloto con 10 estudiantes, y se llevó a cabo una prueba de confiabilidad de la escala a través del coeficiente alfa de Cronbach. De las preguntas planteadas en el instrumento, se seleccionaron las variables que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción de variables utilizadas en el estudio

Variable	Descripción
Rendimiento académico	Es el promedio de calificaciones que obtuvo un estudiante en el periodo escolar del semestre enero-junio 2021.
Días inactivos	Frecuencia de días en las que el alumno estuvo inactivo por causa del covid-19, la cual tuvo una escala 1) de 1 a 5 días, 2) de 6 a 10 días, 3) de 11 a 15 días, 4) de 16 a 20 días, 5) de 21 a 30 días, 6) más de 30 días.
Materias	Materias en las que el alumno se encontraba inscrito. Cabe mencionar que un alumno puede estar inscrito en materias de diferente semestre y de diferentes programas académicos.
Clases con covid-19	El estudiante respondió la frecuencia en la que asistió a clases estando enfermo de covid-19: 1) parcialmente, 2) sí
Acceso a TI	Pregunta formada a través de un constructo que incluyó aspectos de <i>hardware</i> : amplio ancho de banda del internet, uso de datos de internet limitado a través de un teléfono móvil, computadora, teléfono celular, <i>tablet</i> , computadora compartida.
Comunicación TI	Cantidad de medios de forma digital de que se utilizaron para comunicarse de forma académica con profesores y compañeros, como el correo electrónico, WhatsApp, videollamada y mensajería interna de la plataforma educativa.
Profesor TI	Cantidad de medios digitales que utilizaron los profesores para comunicarse con sus alumnos de forma emergente dada la pandemia por covid-19, desde presentaciones digitales, <i>links</i> de videos, videollamadas, entre otros.
Temas TI	Porcentajes de temas cubiertos por el profesor de forma digital que tomaron los alumnos.

Fuente: Elaboración propia

Análisis de datos

Los datos fueron recopilados de la plataforma de Google a través de un formulario y almacenados en un archivo plano separado por comas. Posteriormente, se analizaron utilizando algoritmos creados en el software Python Jupyter Notebook (Anaconda3). Se llevó a cabo un análisis descriptivo mediante aprendizaje no supervisado con el fin de representar el conocimiento nuevo sin modelar un resultado específico, para identificar agrupaciones inherentes dentro de los datos (Ebrahimi *et al.*, 2022) y buscar patrones ocultos (Koren *et al.*,

2020) debido a la falta de una variable dependiente. Por lo tanto, se desarrolló un algoritmo de análisis de agrupaciones mediante asociación por *clustering*, basado en distancias entre los grupos, utilizando el método K-means. Además, para encontrar la asociación se redujo la dimensionalidad de los datos mediante un análisis de componentes principales que representaran una amplia probabilidad de los datos y se elaboraron dos componentes principales.

Enfoque de análisis no supervisado

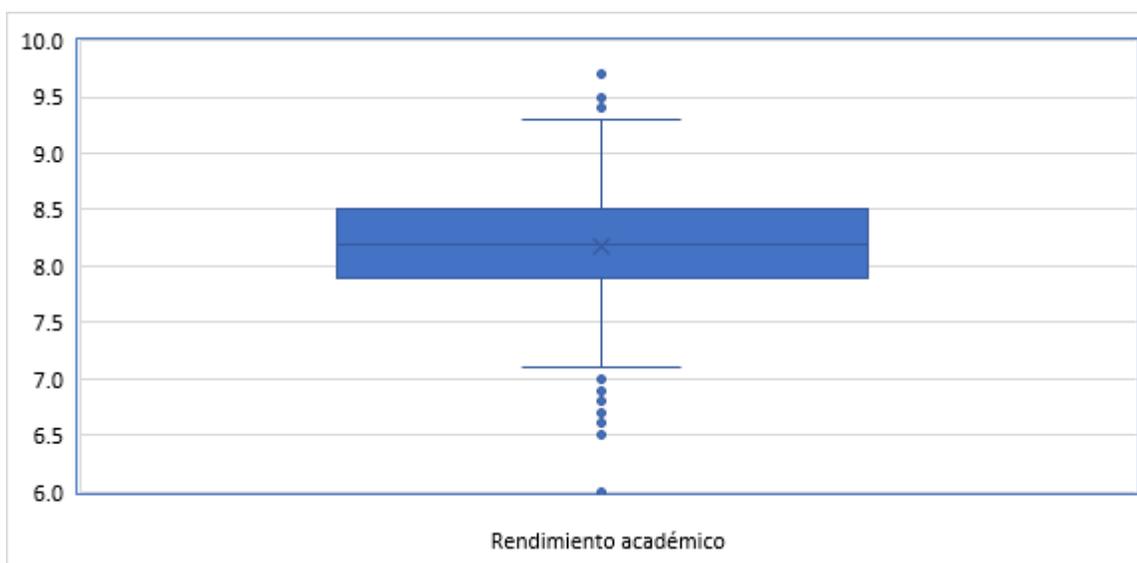
En cuanto al enfoque de análisis no supervisado, se emplearon algoritmos de aprendizaje automático no supervisado de las bibliotecas de Python, a saber: 1) import pandas as pd, 2) import matplotlib.pyplot as plt, 3) import seaborn as sb, 4) from sklearn.preprocessing import StandardScaler, 5) from sklearn.decomposition import PCA, 6) import numpy as np, 7) from sklearn.cluster import KMeans. Se realizaron pruebas de inercia y de silueta para determinar el número de agrupaciones que no representarían pérdidas.

Asimismo, se llevó a cabo el algoritmo de agrupamiento K-means, ya que es un algoritmo de aprendizaje no supervisado que proporciona una forma fácil de clasificar un conjunto de datos en un cierto número de grupos. Es decir, un conjunto de datos como $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ se agrupan en K grupos, donde cada observación se asigna a un grupo cuyo valor medio es el más cercano a un centroide (González Argote y Ticona González, 2019). Además, es un modelo moderno de aprendizaje automático para agrupar individuos en función de puntajes relacionados (Tuyishimire *et al.*, 2022). También ofrece una solución factible al problema de identificar grupos de estudiantes con actitud similar hacia el aprendizaje y el rendimiento académico a distancia (Ilieva *et al.*, 2021; Sáiz-Manzanares *et al.*, 2021).

Resultados

En la figura 1 se presenta una gráfica que muestra el rendimiento académico de los estudiantes, en la que se puede observar que la mayoría se encuentra entre un promedio de calificaciones de 7.9 y 8.5, con una media de 8.2, además de algunos valores atípicos menores a 7.1 y mayores a 9.3. En consecuencia, en las siguientes secciones se expondrá la relación entre el rendimiento académico y las demás variables estudiadas.

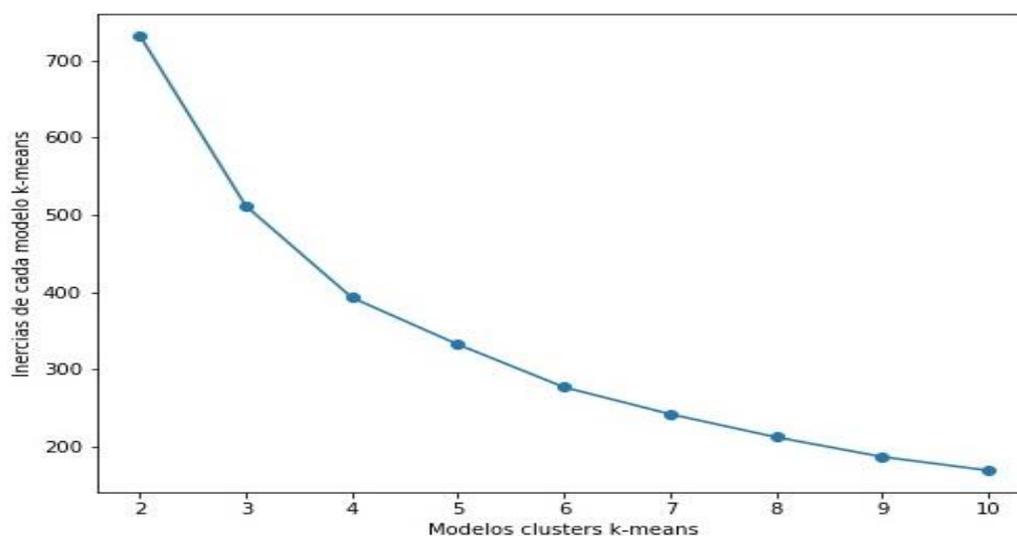
Figura 1. Gráfica de rendimiento académico de los alumnos encuestados



Fuente: Elaboración propia

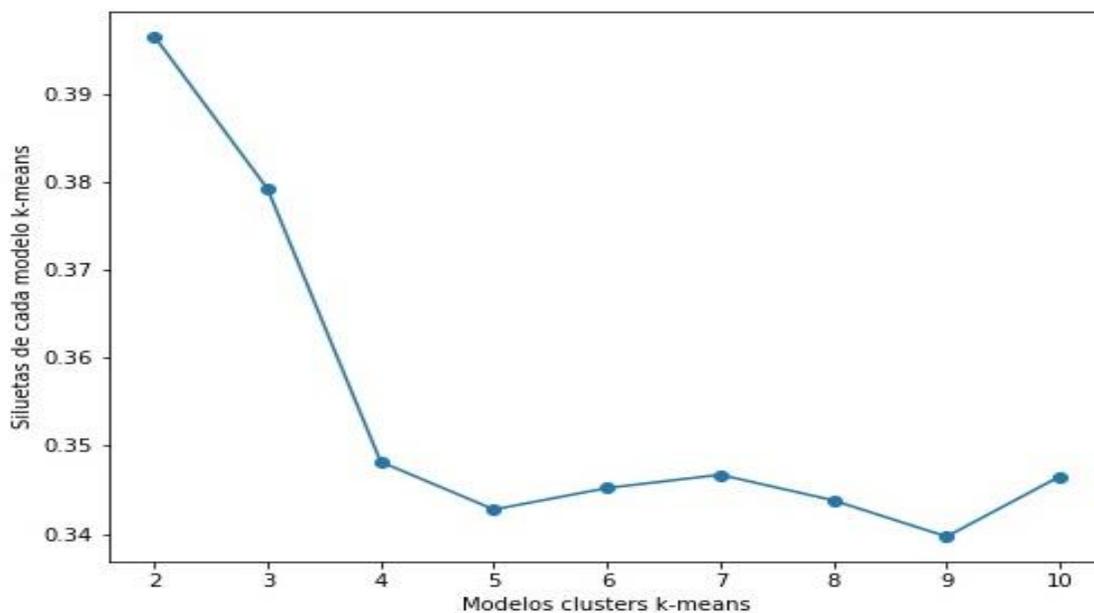
A partir de los datos analizados, se llevó a cabo un análisis de componentes principales, del cual se obtuvieron las gráficas de inercia y silueta, presentadas en las figuras 2 y 3, respectivamente. Al observar ambas gráficas, se decidió generar tres clústeres. Posteriormente, se realizó el agrupamiento de los tres clústeres a partir de los dos componentes principales, lo cual se muestra en la figura 4.

Figura 2. Gráfica de inercias de los modelos clústeres K-means



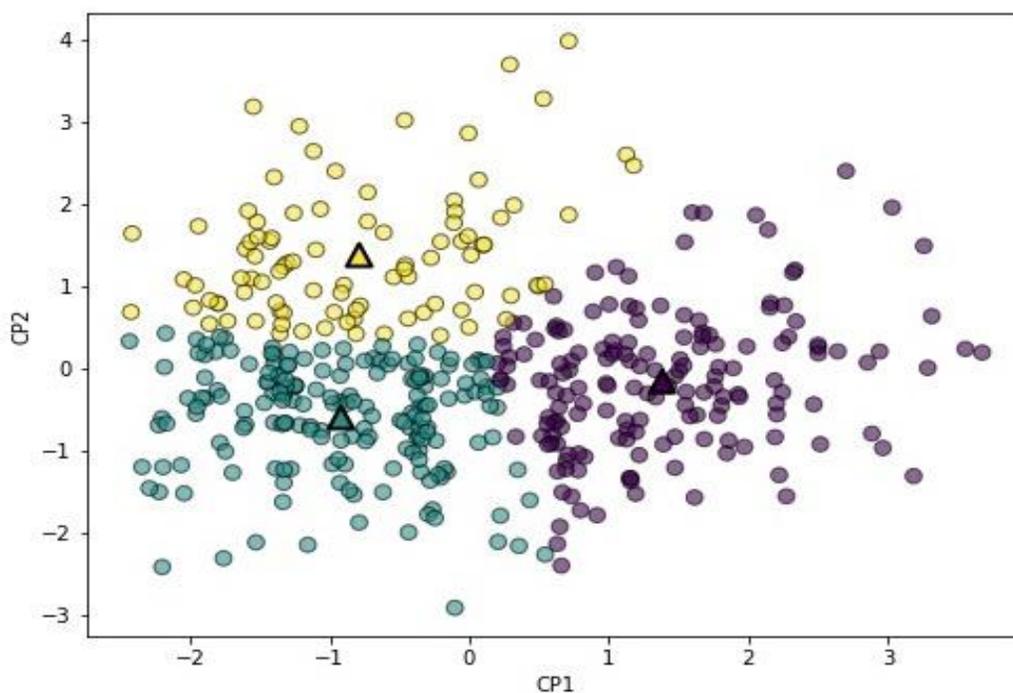
Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Gráfica de siluetas de los modelos clústeres K-means



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Clústeres de componentes principales

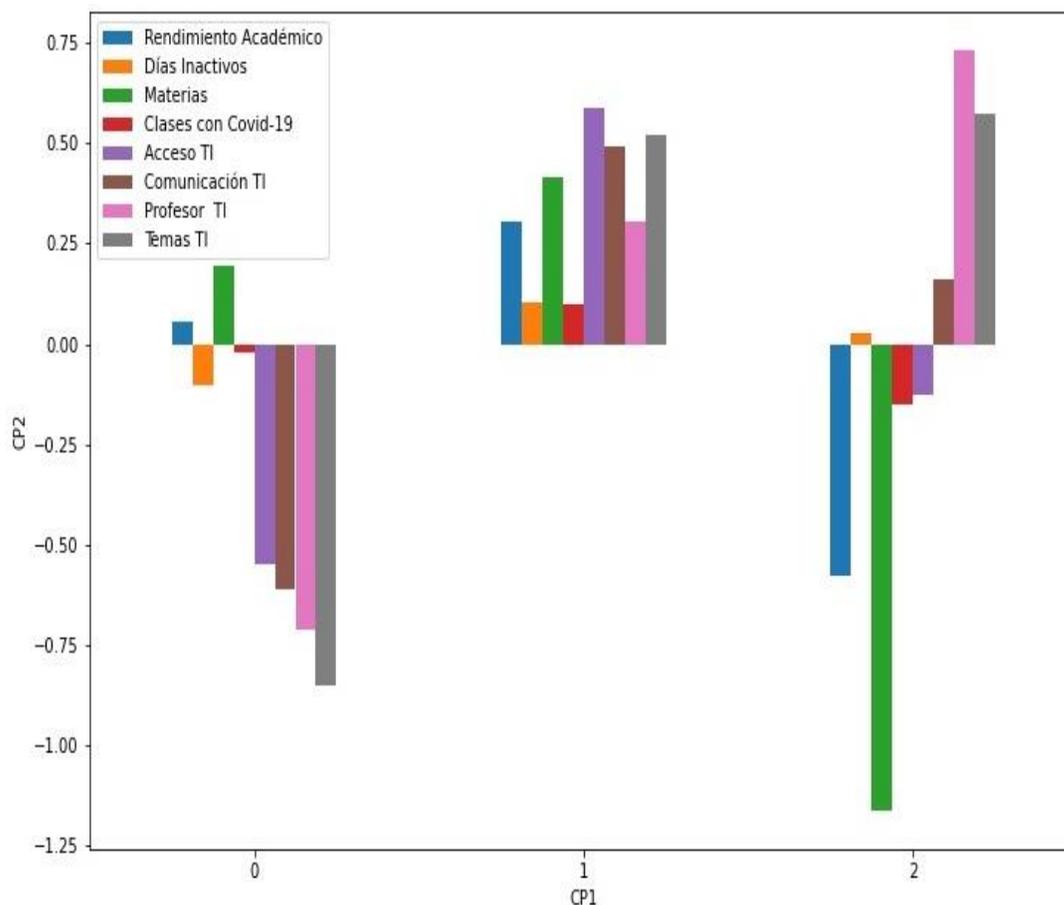


Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se presentan los resultados de la asociación de variables, donde se agruparon de la siguiente manera: 1) clúster 0: alumnos con buen rendimiento académico

(166 alumnos); 2) clúster 1: alumnos con excelente rendimiento académico (182 alumnos); y 3) clúster 2: alumnos con bajo rendimiento académico (93 alumnos).

Figura 5. Asociación de tres grupos por rendimiento académico



Fuente: Elaboración propia

Discusión

En la figura 5 se puede apreciar el punto cero, el cual representa el promedio de cada variable. Esto indica que las barras por encima de cero son los datos que se encuentran por encima del promedio y las barras por debajo de cero se ubican por debajo del promedio. El clúster 0, conformado por alumnos de *buen rendimiento académico*, presenta un rendimiento académico ligeramente por encima del promedio normal y una asociación positiva con la cantidad de materias a las que se inscribieron.

No obstante, estos estudiantes se encuentran por debajo del promedio en cuanto a los días inactivos por covid-19, las clases con covid-19 y todo lo relacionado con la TI, es decir, presentan un menor promedio de acceso a las TI, menor promedio de comunicación con las TI, menor promedio de profesores que utilizan las TI y menor promedio de acceso a temas elaborados con TI. Debido a esto, su promedio no pudo ser mayor y resultó ligeramente por encima del promedio normal, lo que coincide con lo dicho por Ilieva *et al.* (2021) y Ruiz *et al.* (2021). Cuando existen problemas de acceso a las TI, como la conectividad a Internet, no se pueden llevar a cabo las clases en línea, por lo que no tiene sentido que el profesor tenga todo el material de la asignatura de forma digital.

Por otro lado, el clúster 1 —conformado por alumnos de *excelente rendimiento académico*— presentó el mayor rendimiento académico con el uso de las TI, a pesar de que los estudiantes estuvieron inscritos en un mayor número de materias que el promedio normal y asistieron a clases con la enfermedad covid-19. Este grupo tuvo acceso en mayor medida a las TI, comunicación con las TI y los profesores cubrieron los temas con TI, lo que demuestra una asociación entre las TI y el rendimiento académico en situaciones con covid-19. En la universidad pública de estudio, el acceso a las TI es un factor importante para lograr un mayor rendimiento académico. Sin embargo, es importante que los estudiantes asuman la responsabilidad de tomar sus clases en línea (Limniou *et al.*, 2021), lo que tal vez no sea posible en otros niveles educativos.

En el clúster 2, los alumnos presentaron un promedio por debajo del promedio normal y, aunque tuvieron algunos días inactivos por covid-19 y estaban inscritos en materias por debajo del promedio de los estudiantes, no tenían acceso a las TI. A pesar de que los profesores utilizaban las TI y cubrían los temas con TI, la falta de acceso a las TI impidió un aumento en el rendimiento académico, lo que puede deberse a la brecha digital en cuanto a la infraestructura digital que incide negativamente en el desarrollo educativo (Torres-Díaz *et al.*, 2022).

Conclusiones

Los resultados indican que, si bien el promedio general de calificaciones es de 7.9 y 8.5, con una media de 8.2, los datos atípicos observados en los clústeres 1 y 2 revelan una relación directa entre el uso de TI y el rendimiento académico en situaciones relacionadas con covid-19. El clúster 1 presenta un rendimiento académico superior al promedio, a pesar de tener inscritas más asignaturas y de haber asistido a clases a pesar de la enfermedad.

Por otro lado, el clúster 2 incluye alumnos que tuvieron un rendimiento por debajo del promedio, a pesar de haber inscrito menos materias y haber tenido días de inactividad debido a la enfermedad.

Cabe destacar que ambos clústeres contaron con un profesor que utilizó las TI para impartir sus clases, pero la diferencia entre ellos radica en que el clúster 1 tuvo un mayor acceso a estas herramientas tecnológicas y un profesor que las utilizó de manera más efectiva, mientras que el clúster 2 no contó con un acceso tan amplio.

Estos resultados ponen de manifiesto que la asociación entre el uso de TI y el rendimiento académico es fundamental durante los procesos de aprendizaje, ya que permite a los estudiantes ampliar y mejorar sus conocimientos. Sin embargo, las desigualdades sociales y económicas pueden afectar el acceso a estas herramientas, lo que hace necesario garantizar un acceso igualitario a Internet y a las TI para todos los estudiantes y docentes. De este modo, se podrá ofrecer una educación equitativa y de calidad que permita aprovechar al máximo todas las herramientas que las TI ofrecen para mejorar el rendimiento académico.

En conclusión, el uso de las TI se encuentra claramente asociado con un mayor rendimiento académico en los estudiantes universitarios, incluso en situaciones de enfermedad como el covid-19. Para lograr una educación equitativa y de calidad es necesario que los estudiantes cuenten con acceso a las tecnologías de información, buena conectividad a internet, herramientas de comunicación como WhatsApp y plataformas educativas, y que los profesores tengan acceso a las TI y las utilicen efectivamente en la enseñanza de las asignaturas que imparten en línea.

Futuras líneas de investigación

Los resultados obtenidos en esta investigación son de gran importancia para los estudios sobre educación y desigualdad en instituciones de educación superior en relación al acceso a las tecnologías de información. Además, estos datos pueden ser de gran utilidad para estudios cualitativos sobre la aceptación o rechazo del uso de las TI en los procesos de aprendizaje.

Referencias

- Adeyeye, B., Ojih, S. E., Bello, D., Adesina, E., Yartey, D., Ben-Enukora, C. y Adeyeye, Q. (2022). Online Learning Platforms and Covenant University Students' Academic Performance in Practical Related Courses during COVID-19 Pandemic. *Sustainability*, 14(2), 887. <https://doi.org/10.3390/su14020878>
- Alam, M. M., Ahmad, N., Naveed, Q. N., Patel, A., Abohashrh, M. y Khaleel, M. A. (2021). E-learning services to achieve sustainable learning and academic performance: An empirical study. *Sustainability*, 13(5), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su13010005>
- Álvarez-Risco, A., Del-Aguila-Arcentales, S., Yáñez, J. A., Rosen, M. A. y Mejia, C. R. (2021). Influence of technostress on academic performance of university medicine students in Peru during the COVID-19 pandemic. *Sustainability*, 13(16), 8949. <https://doi.org/10.3390/su13168949>
- Aristovnik, A., Keržič, D., Ravšelj, D., Tomaževič, N. y Umek, L. (2020). Impacts of the COVID-19 Pandemic on life of higher education students: A global perspective. *Sustainability*, 12(20), 8438. <https://doi.org/10.3390/su12208438>
- Cobo-Rendon, R., Peña, K. L., Mella-Norambuena, J., Martín, N. C. S., Peña, F., Alam, M. M., Ahmad, N., Naveed, Q. N., Patel, A., Abohashrh, M., Khaleel, M. A., Limniou, M., Varga-Atkins, T., Hands, C., Elshamaa, M., Ruiz, L. M. S., Moll-López, S., Moraño-Fernández, J. A., Llobregat-Gómez, N., ... Ragni, L. (2021). B-learning and technology: Enablers for university education resilience. An experience case under COVID-19 in Spain. *Sustainability*, 13(2), 129. <https://doi.org/10.3390/info13030129>
- Ebrahimi, P., Basirat, M., Yousefi, A., Nekmahmud, M., Gholampour, A. y Fekete-Farkas, M. (2022). Social Networks Marketing and Consumer Purchase Behavior: The Combination of SEM and Unsupervised Machine Learning Approaches. *Big Data and Cognitive Computing*, 6(2), 35-45. <https://doi.org/10.3390/bdcc6020035>
- Essel, H. B., Vlachopoulos, D., Tachie-Menson, A., Johnson, E. E. y Ebeheakey, A. K. (2021). Technology-induced stress, sociodemographic factors, and association with academic achievement and productivity in Ghanaian higher education during the COVID-19 pandemic. *Information*, 12(12), 497. <https://doi.org/10.3390/info12120497>
- Gamage, K. A. A., Roshan Pradeep, R. G., Najdanovic-Visak, V. y Gunawardhana, N. (2020). Academic standards and quality assurance: the impact of COVID-19 on

- university degree programs. *Sustainability*, 12(23), 1–14.
<https://doi.org/10.3390/su122310032>
- González Argote, H. R., y Ticona González, U. A. (2019). Clustering, mediterraneidad y comercio internacional: aplicación empírica de los algoritmos Partitioning Around Medoids y K-means. *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico*, (32), 95-129.
- González, T., De la Rubia, M. A., Hincz, K. P., Comas-Lopez, M., Subirats, L., Fort, S. y Sacha, G. M. (2020). Influence of COVID-19 confinement on students' performance in higher education. *PLOS ONE*, 15(10), e0239490.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239490>
- Gressman, P. T. y Peck, J. R. (2020). Simulating COVID-19 in a university environment. *Mathematical Biosciences*, 328. <https://doi.org/10.1016/j.mbs.2020.108436>
- Haider, A. S., y Al-Salman, S. (2020). Dataset of Jordanian university students' psychological health impacted by using e-learning tools during COVID-19. *Data in brief*, 32, 106104. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106104>
- Haugom, E. (2022). The effect of changing from campus-based to digital teaching on student attendance: A case study of Norwegian business students. *Heliyon*, 8(9), e11307.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11307>
- Hidalgo, G. I., Sánchez-Carracedo, F. y Romero-Portillo, D. (2021). COVID-19 emergency remote teaching opinions and academic performance of undergraduate students: Analysis of four students' profiles. A case study. *Mathematics*, 9(17), 2147.
<https://doi.org/10.3390/math9172147>
- Ilieva, G., Yankova, T., Klisarova-Belcheva, S. y Ivanova, S. (2021). Effects of COVID-19 pandemic on university students' learning. *Information*, 12(4), 163.
<https://doi.org/10.3390/info12040163>
- Koren, D., Laura, L., Vecseriné, B. y László, H. (2020). Comparison of supervised learning statistical methods for classifying commercial beers and identifying patterns. *Journal of Chemometrics*, 34(10), e3216. <https://doi.org/10.1002/cem.3216>
- Lahiri, S. y Sinha, M. (2021). A Study of the Socio-Economic Implications of the COVID-19 Pandemic. *Australasian Accounting, Business and Finance Journal*, 15(1), 51–69.
<https://doi.org/10.14453/aabfj.v15i1.5>

- Limniou, M., Varga-Atkins, T., Hands, C. y Elshamaa, M. (2021). Learning, student digital capabilities and academic performance over the COVID-19 pandemic. *Education Sciences*, 11(7), 361. <https://doi.org/10.3390/educsci11070361>
- Linnes, C., Ronzoni, G., Agrusa, J. y Lema, J. (2022). Emergency Remote Education and Its Impact on Higher Education: A Temporary or Permanent Shift in Instruction? *Education Sciences*, 12(10), 721. <https://doi.org/10.3390/educsci12100721>
- Lu, D., Le, H. y Vu, T. (2020). The Factors Affecting Acceptance of E-Learning: A Machine Learning Algorithm Approach. *Education Sciences*, 10(10), 1–13. <https://doi.org/10.3390/educsci10100270>
- Naciones Unidas (2020). *Objetivos de desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>
- Nathwani, G., Shoaib, A., Shafi, A., Furukawa, T. A. y Huy, N. T. (2021). Impact of COVID-19 on school attendance problems. *Journal of Global Health*, 11, 1–4. <https://doi.org/10.7189/jogh.11.03084>
- Noor, S., Ali, M. N. y Husnine, S. M. (2020). Performance of Online Classes in Lahore, Pakistan During Covid-19. *Performance Improvement*, 59(9), 33–42. <https://doi.org/10.1002/pfi.21938>
- Orsmond, P., Merry, S. y Reiling, K. (2000). The Use of Student Derived Marking Criteria in Peer and Self-assessment. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 25(1), 23–38. <https://doi.org/10.1080/02602930050025006>
- Pintor, H. (2020). *Agenda 2030 Challenges: Education and Global Citizenship*.
- Rashid, S., Shaikh, S., Mardini, L. y Saad, F. S. (2022). Back to School: COVID-19 Post-Lockdown Classroom Anxiety. *Education Sciences*, 12(11), 800. <https://doi.org/10.3390/educsci12110800>
- Ruiz, L. M. S., Moll-López, S., Morano-Fernández, J. A. y Llobregat-Gómez, N. (2021). B-learning and technology: Enablers for university education resilience. An experience case under COVID-19 in Spain. *Sustainability*, 13(6), 1–22. <https://doi.org/10.3390/su13063532>
- Sáiz-Manzanares, M. C., Rodríguez-Díez, J. J., Díez-Pastor, J. F., Rodríguez-Arribas, S., Marticorena-Sánchez, R. y Ji, Y. P. (2021). Monitoring of student learning in learning management systems: An application of educational data mining techniques. *Applied Sciences*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/app11062677>

- Sobral, S. R. y de Oliveira, C. F. (2021). Clustering Algorithm to Measure Student Assessment Accuracy: A Double Study. *Big Data and Cognitive Computing*, 5(4). <https://doi.org/10.3390/bdcc5040081>
- Sun, L., Tang, Y. y Zuo, W. (2020). Coronavirus pushes education online. *Nature Materials*, 19, 714–715. <https://doi.org/10.1038/s41563-020-0678-8>
- Torres-Díaz, J. C., Rivera-Rogel, D., Beltrán-Flandoli, A. M. y Andrade-Vargas, L. (2022). Effects of COVID-19 on the Perception of Virtual Education in University Students in Ecuador; Technical and Methodological Principles at the Universidad Técnica Particular de Loja. *Sustainability*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/su14063204>
- Tsang, J. T. Y., So, M. K. P., Chong, A. C. Y., Lam, B. S. Y. y Chu, A. M. Y. (2021). Higher education during the pandemic: The predictive factors of learning effectiveness in covid-19 online learning. *Education Sciences*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/educsci11080446>
- Tuyishimire, E., Mabuto, W., Gatabazi, P. y Bayisingize, S. (2022). Detecting Learning Patterns in Tertiary Education Using K-Means Clustering. *Information*, 13(2), 1–14. <https://doi.org/10.3390/info13020094>
- Youssef, A. B., Dahmani, M. y Ragni, L. (2022). ICT Use, Digital Skills and Students' Academic Performance: Exploring the Digital Divide. *Information*, 13(3), 129. <https://doi.org/10.3390/info13030129>

Rol de Contribución	Autor (es)
Conceptualización	Martha Jiménez García «principal»
Metodología	Martha Jiménez García, Pilar Gómez Miranda, José Antonio Romero García, Rosa Sara Jiménez Jiménez «igual»
Software	Martha Jiménez García, Pilar Gómez Miranda, José Antonio Romero García, Rosa Sara Jiménez Jiménez «igual»
Validación	Martha Jiménez García «principal»
Análisis Formal	Martha Jiménez García «principal»
Investigación	Martha Jiménez García, Pilar Gómez Miranda, José Antonio Romero García, Rosa Sara Jiménez Jiménez «igual»
Recursos	Martha Jiménez García, Pilar Gómez Miranda «igual»
Curación de datos	Martha Jiménez García «principal»
Escritura - Preparación del borrador original	Martha Jiménez García, Pilar Gómez Miranda, Rosa Sara Jiménez Jiménez «igual»
Escritura - Revisión y edición	Martha Jiménez García, Pilar Gómez Miranda, José Antonio Romero García, Rosa Sara Jiménez Jiménez, José Antonio Romero García «igual»
Visualización	Martha Jiménez García «principal»,
Supervisión	Martha Jiménez García «principal»,
Administración de Proyectos	Martha Jiménez García «principal»,
Adquisición de fondos	Martha Jiménez García «principal»,