

Aprendizaje conceptual en grupos de profesorado en formación mediante una intervención basada en Minería de Textos

Conceptual learning in pre-service teacher groups through a Text Mining intervention

Fran J. García-García¹ 

Cristian Mollà-Esparza^{1*} 

Inmaculada López-Francés¹ 

¹ Universidad de Valencia, España

* Autor de correspondencia. E-mail: cristian.molla@uv.es

Cómo referenciar este artículo/ How to reference this article:

García-García, F. J., Mollà-Esparza, C., & López-Francés, I. (2025). Aprendizaje conceptual en grupos de profesorado en formación mediante una intervención en Minería de Textos [Conceptual learning in pre-service teacher groups through a Text Mining intervention]. *Educación XX1*, 28(2), 17-43.
<https://doi.org/38256>

Fecha de recepción: 11/09/2023

Fecha de aceptación: 18/11/2024

Publicado online: 20/06/2025

RESUMEN

La adquisición de conceptos es un aspecto fundamental en la formación del profesorado, pero representa un desafío persistente, especialmente en contextos grupales donde las estrategias de enseñanza tradicionales a menudo no logran transmitir las nociones complejas de forma eficaz. Este estudio explora el potencial de la analítica del aprendizaje basada en minería de textos (MT) como herramienta didáctica para mejorar el aprendizaje conceptual del profesorado en formación. El objetivo principal fue analizar el impacto de la analítica

del aprendizaje basada con MT en la adquisición de conceptos educativos abstractos y complejos, en comparación con estrategias de enseñanza tradicionales como la elaboración de proyectos individuales o la asistencia a clases magistrales. Para ello, se llevó a cabo un estudio cuasiexperimental pre y posttest con 81 estudiantes de máster de un programa de formación a distancia en una universidad española. El análisis se centró en los corpus textuales generados a partir de las definiciones de conceptos educativos intangibles por parte de tres grupos no equivalentes (Grupos A, B y C, respectivamente). Mediante técnicas de MT, se analizaron 1017 tokens pretest y 1133 posttest del Grupo A, 1127 tokens pretest y 1111 posttest del Grupo B, y 1101 tokens pretest y 1173 posttest del Grupo C. Los resultados evidenciaron que la analítica de aprendizaje basada en MT mejoró significativamente la adquisición de conceptos, tanto en la selección de palabras clave ($t_{Yuen} = -6.37$, $p < .001$, $\delta_R^{AKP} = -1.03$, $CI_{95\%} = -2.10, -.74$) como en la asociación de términos relevantes (valores de Jaccard posttest de .217 a .917) en las definiciones formuladas por los estudiantes, superando otros enfoques de enseñanza. Este estudio proporciona evidencia empírica del valor pedagógico de la analítica del aprendizaje basada en MT, demostrando su eficacia para mejorar el aprendizaje de conceptos abstractos en la formación del profesorado. Los resultados destacan el potencial de la tecnología educativa basada en MT para optimizar el aprendizaje conceptual y la eficiencia de los recursos en contextos grupales de educación superior.

Palabras clave: análisis de texto, análisis de contenido, formación del concepto, aprendizaje social, aprendizaje visual, tecnología de la educación, enseñanza superior, formación de profesores

ABSTRACT

Concept acquisition is a critical aspect in the education of teachers yet is especially challenging in group contexts in which traditional teaching strategies often fail to convey complex notions effectively. This study investigates the potential of text mining (TM) based learning analytics as a teaching tool to enhance conceptual learning in pre-service teachers. To do so, it analyses how the learning of complex and abstract educational concepts was affected by a TM-based learning analytics intervention, in comparison with traditional teaching strategies, including the elaboration of an individual project, and the attendance of a master class. Quasi-experimental pre- and post-tests were thus administered to three non-equivalent groups (A, B, and C, respectively) of a total of 81 master's students enrolled in a distance education teacher training programme at a Spanish university, and token corpora were analysed using TM techniques in collected definitions of abstract educational concepts (1017 pre-test and 1133 post-test tokens from Group A; 1127 pre-test and 1111 post-test tokens from Group B; and 1101 pre-test and 1173 post-test tokens from Group C). It was found that the TM-based learning analytics intervention significantly enhanced the students' keyword selection in submitted definitions ($t_{Yuen} = -6.37$, $p < .001$, $\delta_R^{AKP} = -1.03$, $CI_{95\%} = -2.10, -.74$) and the association of relevant terms (with post-test Jaccard values ranging from .217 to .917) compared to the other teaching approaches. This study therefore

offers empirical evidence that TM-based learning analytics can be an effective pedagogical tool that promotes an enhanced learning of abstract concepts in the education of teachers. The results underscore the value of TM-based educational technology in optimizing conceptual learning and resource efficiency in higher education settings.

Keywords: textual analysis, content analysis, concept formation, social learning, visual learning, educational technology, higher education, teacher education

INTRODUCCIÓN

La adquisición de conceptos se produce cuando los estudiantes etiquetan activamente un conjunto de información, organizándola en categorías coherentes y conectando palabras clave e ideas en modelos mentales cohesionados. Los ejercicios de conceptualización, como las tareas de clasificación e identificación de atributos, pueden reforzar este proceso al incentivar a los estudiantes a definir y refinar su comprensión (Bruner et al. 1956). Este enfoque constituye las bases para el posterior desarrollo de nuevos conocimientos y habilidades, facilitando la adquisición de aprendizajes significativos. Tras una larga tradición de investigaciones sobre este tema, y especialmente a raíz de la pandemia de la COVID-19 (Gaglo et al., 2022), un número creciente de estudios ha investigado el papel de la tecnología educativa en la adquisición de conceptos. En este contexto, los recursos de análisis de datos e inteligencia artificial, como los agentes virtuales, el procesamiento del lenguaje natural, el reconocimiento de patrones, la minería de datos y las herramientas de visualización, han ofrecido nuevos medios y oportunidades para potenciar el aprendizaje mediado por tecnología en la educación superior. En particular, la minería de textos (MT), una técnica de minería de datos que utiliza el análisis cuantitativo de contenidos facilitando la visualización y comprensión de conceptos (Inada, 2018), ha abierto la puerta a una nueva línea de investigación educativa.

El presente estudio analiza el potencial de la analítica del aprendizaje basada en MT como herramienta didáctica para mejorar la adquisición de conceptos abstractos sobre educación en tres grupos no equivalentes de profesorado en formación. Para ello, se comparan los resultados obtenidos mediante MT con los alcanzados mediante otras estrategias docentes, como la elaboración de proyectos individuales y la asistencia a clases magistrales. A partir de una revisión de la literatura, se formularon dos preguntas de investigación específicas, con el objetivo de contrastar la hipótesis de que la analítica del aprendizaje basada en la MT constituye una herramienta eficaz para el aprendizaje de conceptos, en comparación con otras estrategias docentes. Finalmente, se discuten las implicaciones para la práctica educativa en la formación de docentes, se exponen las limitaciones del estudio y se proponen líneas de investigación futuras.

Revisión de la literatura

Desde el siglo pasado, las aportaciones de Bruner et al. (1956) han ampliado significativamente el alcance de las investigaciones sobre la adquisición de conceptos. En particular, estos trabajos han despertado un gran interés entre los formadores de profesorado, quienes buscan facilitar y asistir el aprendizaje de futuros docentes, ayudándoles a utilizar de manera coherente los recursos y procedimientos didácticos, y a responder de forma adaptativa a diferentes escenarios educativos. Sin un conocimiento conceptual sólido sobre el funcionamiento de la educación, el profesorado podría carecer de orientación y de una conciencia clara sobre lo que significa e implica la enseñanza. Las revistas especializadas han seguido publicando estudios relevantes sobre el tema (Azadi et al., 2018; Freeman, 2018; Turner, 1975), prestando especial atención a la enseñanza de conceptos educativos abstractos en la formación del profesorado, como el pensamiento crítico, la cultura escolar y el diseño curricular. Estos conceptos fundamentales, aunque abstractos, carecen de una realidad física o hipotética tangible, y, por tanto, son cualitativamente distintos de otros conceptos más concretos, estrechamente relacionados con la experiencia perceptiva y motora (Borghesi et al., 2019; Gagné, 1985). Así, los conceptos abstractos son especialmente difíciles de adquirir y de vincular con aplicaciones prácticas, lo que convierte su enseñanza en un reto persistente.

Aunque el presente estudio se centra específicamente en la formación del profesorado, el cuerpo de conocimiento existente sobre el aprendizaje de conceptos en educación superior resulta especialmente relevante, y sus implicaciones podrían trascender el contexto específico de la formación del profesorado.

La adquisición de conceptos en educación superior

Se ha demostrado que involucrar activamente al estudiantado en sus procesos de aprendizaje estimula algunas habilidades cognitivas clave como la atención, la memoria y la comprensión (Hernández de Menéndez et al., 2019; Nguyen et al., 2021). Además, estudios recientes han evidenciado mejoras significativas en la adquisición de conceptos mediante el uso de enfoques pedagógicos activos, como las clases invertidas (Atkinson et al., 2020), los debates asíncronos en línea (Breivik, 2020), la gamificación de las clases (Kortemeyer et al., 2019) y las simulaciones con realidad virtual (Liao, 2022).

También se ha demostrado que el aprendizaje activo favorece la adquisición de conceptos cuando se integra de manera estratégica en la planificación general de las actividades de enseñanza, en comparación con las técnicas de aprendizaje pasivo. Por ejemplo, el aprendizaje basado en juegos ha mostrado resultados positivos (Casanoves et al., 2022), mientras que, por otro lado, ver vídeos o recibir

orientaciones en tiempo real durante el proceso formativo, han tenido un impacto más limitado en el aprendizaje conceptual (Tsai et al., 2022). Otras técnicas como la lectura cronometrada, las representaciones en vídeo y la redacción de textos, también han demostrado ser efectivas en determinados estudios (Guerrettaz et al., 2020; Reynolds et al., 2020). En este sentido, fomentar que los estudiantes exploren, contrasten y comparan diferentes significados ha sido especialmente eficaz para potenciar las tareas de escritura (Wittek, 2018).

El aprendizaje activo parece ser más eficaz cuanto más involucra a los estudiantes y se adapta a sus necesidades específicas de aprendizaje, por ejemplo, ajustando los objetivos de aprendizaje según el nivel de dificultad admitido por cada estudiante. Además, se ha observado que la creación ágil de materiales de lectura, como *fanzines* digitales (Redondo López, 2021) y la retroalimentación específica por parte del profesorado (Gao & Lloyd, 2020), favorecen la adquisición de conceptos en la formación universitaria, especialmente cuando la retroalimentación táctil y cinestésica complementa la información visual en los entornos virtuales de aprendizaje (Magana et al., 2019).

Sin embargo, más allá del diseño de tareas y materiales, algunas investigaciones no parecen incorporar plenamente las teorías del aprendizaje comprensivo, siguiendo la línea de autores como Ausubel et al. (1968) y Novak (1977). En este sentido, se ha demostrado que la participación en ejercicios creativos y el uso de mapas conceptuales no tienen un impacto significativo en las habilidades del estudiantado para explicar los conceptos que están aprendiendo (Ye et al., 2020). Esta limitación parece deberse, probablemente, a una falta de contextualización profunda de la materia, aspecto que ha demostrado mejorar la eficacia de las intervenciones en otros estudios (Cortes et al., 2019). La contextualización implica considerar las condiciones en las que un concepto adquiere sentido, en lugar de limitarse únicamente a considerar su función práctica. Este enfoque es particularmente relevante para la adquisición de conceptos abstractos que no poseen una funcionalidad física directa o de una aplicación concreta inmediata.

En consecuencia, según las evidencias anteriores, la adquisición de conceptos parece estar modulada no sólo por la forma de aprendizaje, ya sea activo o pasivo, sino también por la integración de materiales en el diseño de las tareas, el seguimiento del progreso individual de cada estudiante y la contextualización de los conceptos. En este marco general de la educación superior, la analítica del aprendizaje basada en MT se presenta como una valiosa aliada para optimizar el aprendizaje conceptual.

Analítica del aprendizaje basada en MT para facilitar la adquisición de conceptos

Se ha observado en diversas ocasiones que los intercambios entre los compañeros de clase facilitan la adquisición de conceptos, especialmente cuando se organizan

en pequeños grupos (Atkinson et al., 2020; Rodríguez y Potvin, 2021). Los sistemas interactivos y la enseñanza y evaluación entre iguales también han demostrado ser efectivos para el aprendizaje conceptual (Babaahmadi et al., 2021; Koong et al., 2021), particularmente cuando se revisan entre iguales las tareas de escritura centradas en el desarrollo del conocimiento sobre el concepto (Finkenstaedt-Quinn et al., 2021). Esto sugiere que las discusiones grupales pueden complementar las descripciones analíticas individuales de un concepto, y que ambas pueden contribuir a obtener resultados positivos (Reyes-Santías et al., 2021; Volkwyn et al., 2020).

Hasta la fecha, se ha demostrado que factores como las tareas de escritura y debate, los comentarios del profesorado y los complementos visuales a la información pueden ayudar a la adquisición de conceptos. Estos elementos, que también puede ofrecer el uso de la analítica del aprendizaje basada en MT, aún carecen de una evidencia robusta sobre su eficacia en este contexto.

Los estudios sobre el uso de la MT con fines educativos han abordado, entre otros asuntos, la evaluación de los resultados del aprendizaje tras una intervención educativa específica (Kong et al., 2021) y la automatización de la anotación y categorización de las consultas en los exámenes según los conceptos que se pretendían evaluar (Begusic et al., 2018). Además, los trabajos que han investigado directamente el aprendizaje conceptual mediante MT han analizado la adquisición de conceptos a través de preguntas de examen (Pintar et al., 2018), las relaciones semánticas entre conceptos (Shwartz, 2021), o la identificación de aciertos y errores de conceptualización (De Lin et al., 2021; Taga et al., 2018), solicitando al estudiantado definiciones escritas y aplicando después la MT para su análisis.

Sorprendentemente, aunque se ha utilizado analítica del aprendizaje basada en MT para comprender cómo el estudiantado adquiere conceptos, identificar estilos de aprendizaje (Aguilar et al., 2022) y analizar resultados a partir de hilos de discusión (Hernández-Lara et al., 2021; Pillutla et al., 2020), rara vez se ha investigado su uso como herramienta didáctica para diseñar tareas que faciliten la adquisición de conceptos. Hasta ahora, la investigación se ha centrado principalmente en emplear la MT como herramienta de evaluación de resultados académicos. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es generar uno de los primeros trabajos empíricos que aporte evidencias sobre el uso de la analítica del aprendizaje basada en MT como herramienta didáctica con el fin de promover la adquisición de conceptos educativos en el profesorado en formación, considerando algunos de los aspectos de aprendizaje anteriormente comentados, incluyendo el análisis conjunto de las definiciones por parte de los iguales, y la representación visual de los resultados.

La analítica del aprendizaje basada en MT podría ofrecer nuevos mecanismos de retroalimentación basados en datos individuales para todo un grupo, permitiendo a los formadores de docentes abordar con eficacia las ideas erróneas y las lagunas en la adquisición de conceptos. Así, el presente estudio contribuye a optimizar la gestión

del aula y el uso de los recursos en el fomento del aprendizaje conceptual, abriendo el camino a estrategias pedagógicas innovadoras que mejoren la enseñanza y el aprendizaje mediante tecnologías, especialmente en la formación del profesorado.

Preguntas de investigación a partir de la revisión de la literatura

Según el marco teórico de esta investigación, y como se ha detallado anteriormente, la analítica del aprendizaje basada en MT parece ser una herramienta didáctica eficaz para facilitar la adquisición de conceptos educativos abstractos. Para poner a prueba esta hipótesis en el contexto de la formación del profesorado, se pretende comparar la analítica del aprendizaje basada en MT con otras dos estrategias docentes: la elaboración de un proyecto individual y la asistencia a clases magistrales. Con el fin de evaluar la efectividad de la analítica del aprendizaje basada en MT como herramienta didáctica, se han formulado dos preguntas de investigación (PI) orientadas a recopilar información sobre la selección de palabras clave y la asociación de términos relevantes en las definiciones redactadas por los estudiantes acerca de un concepto. Las preguntas fueron las siguientes.

- PI1: ¿Cómo promueve la analítica de aprendizaje basada en MT la selección de palabras clave entre el profesorado en formación, comparada con otras estrategias de enseñanza?
- PI2: ¿Cómo promueve la analítica de aprendizaje basada en MT las asociaciones de términos relevantes en comparación con otras estrategias de enseñanza?

MÉTODO

En este estudio se comparan los efectos de tres estrategias docentes en la adquisición de conceptos educativos abstractos. Las estrategias son: la analítica del aprendizaje basada en MT, la elaboración de un proyecto individual y la asistencia a una clase magistral convencional. La adquisición de conceptos se operacionalizó a través de dos indicadores relacionados con la definición de conceptos: la selección de palabras clave y la asociación de términos relevantes.

Diseño del estudio y participantes

Se llevó a cabo un estudio cuasiexperimental, administrando un pretest y un postest a tres grupos no equivalentes (A, B y C) formados por un total de 81 estudiantes (62.96% mujeres). Los estudiantes cursaban un máster de formación

del profesorado en una universidad española. El Grupo A estuvo formado por 26 estudiantes (65.38% mujeres) con una edad promedio de 32.65 años (desviación estándar o DE=5.78), el Grupo B estuvo formado por 28 estudiantes (64.29% mujeres) con una edad promedio de 32.50 años (DE=6.43), y el Grupo C incluyó a 27 estudiantes (59.26% mujeres) con una edad promedio de 32.19 años (DE=6.43). Todos seguían el programa de educación a distancia y utilizaban la plataforma *Blackboard* para la gestión de su aprendizaje en línea.

Entorno de aprendizaje

Como marco teórico para las intervenciones educativas en modalidad a distancia, se siguió el modelo de toma de decisiones basada en datos (Khong et al., 2023). Este modelo implica un proceso cíclico en el que los datos se recopilan, analizan e interpretan sistemáticamente, transformándose así en información y, en última instancia, en conocimiento procesable que puede utilizarse para orientar las prácticas educativas de forma estratégica. Por tanto, este enfoque podía aportar información valiosa sobre los puntos fuertes y débiles del aprendizaje del estudiantado, permitiendo ofrecer orientaciones para estructurar estrategias de enseñanza eficaces.

En el presente estudio, las estrategias de enseñanza fueron implementadas por los investigadores, que actuaron como formadores, y se aplicaron de manera simultánea en los tres grupos de estudiantes. Para ello, los investigadores habilitaron un entorno específico en la plataforma *Blackboard*, en el que los estudiantes debían definir conceptos con un límite de 280 caracteres. La decisión de limitar las definiciones se fundamentó en la premisa de que la comprensión de un concepto requiere ensamblar y relacionar un conjunto de proposiciones fundamentales, de acuerdo con las teorías de Bruner et al. (1956), y Greco y Piaget (1959). Estas teorías sostienen que los estudiantes que logran desarrollar una visión global de un concepto están mejor preparados para entender sus detalles, identificar los elementos constitutivos del mismo y reconocer sus posibles aplicaciones. Las definiciones registradas en la plataforma permitieron obtener evidencias y analizar la visión de conjunto, o representación general, que los estudiantes tenían de cada concepto.

Procedimiento y estrategias de enseñanza

Al principio, los estudiantes de cada grupo tenían que definir un concepto en 15 minutos y enviar sus definiciones a través de una tarea individual programada en *Blackboard*. Estas primeras definiciones proporcionaron los datos del pretest,

antes de poner en marcha las estrategias docentes. A continuación, cada grupo realizó las actividades asignadas correspondientes a cada una de las tres estrategias didácticas. Por último, los estudiantes presentaron una nueva definición del concepto basada en el aprendizaje derivado de las estrategias de enseñanza a las que habían sido expuestos. Estas definiciones finales proporcionaron los datos del postest, los cuales se compararon con los del pretest para evaluar los efectos de las estrategias didácticas en la adquisición de conceptos.

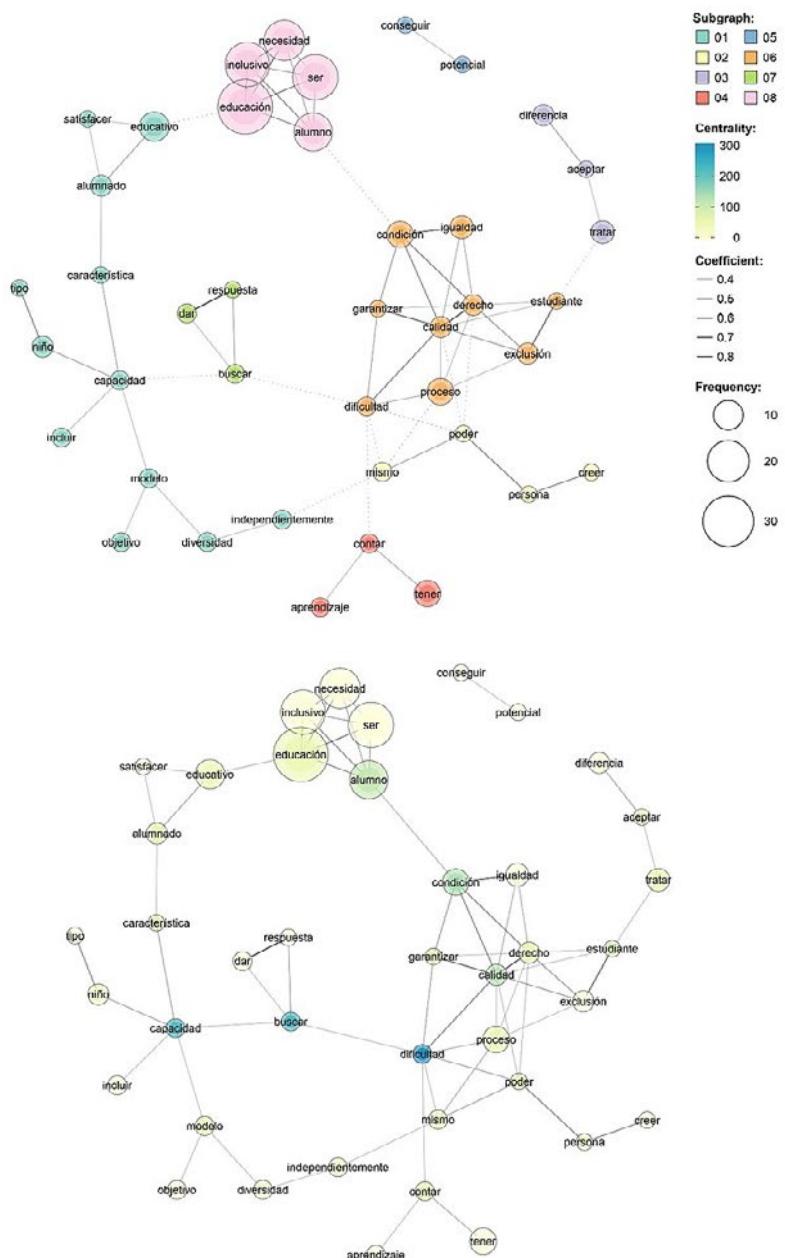
Grupo A

Al estudiantado del Grupo A se le solicitó definir el concepto de “educación inclusiva”. Sus aportaciones fueron recopiladas, preprocesadas y analizadas mediante MT con el programa KH Coder 3, con el fin de obtener la frecuencia léxica y generar dos redes de co-ocurrencia. La primera red incorporaba un análisis de modularidad para identificar agrupaciones de palabras, mientras que la segunda red incluía un análisis de centralidad para determinar la influencia de cada término en el flujo de información. Los gráficos de ambas redes incluyeron palabras con frecuencias (f_o) > 4 , y las distancias entre ellas se calcularon a través del coeficiente de Jaccard (J_c). La Figura 1 ilustra las redes de co-ocurrencia que se presentaron a los estudiantes en clase.

A partir de las redes, los estudiantes identificaron qué palabras clave aparecían con más frecuencia en sus definiciones y cuáles estaban ausentes. Por ejemplo, habían enfatizado más las “necesidades” de sus futuros “alumnos” que en “buscar” sus “capacidades” o dar “respuestas” a sus necesidades educativas especiales. Además, aunque asociaban “capacidades” y “dificultades”, vinculando otras palabras con estos términos, no consideraban “reducir” las dificultades, ni como palabra clave (por ejemplo, reducir, superar, eliminar) ni en relación con otros términos (por ejemplo, capacidades, barreras, necesidades).

Utilizando analítica del aprendizaje basada en MT como complemento visual y verbal, el formador de este grupo intentó que los estudiantes tomaran conciencia de algunas ideas erróneas al definir este concepto, comentando las conexiones más relevantes entre los términos e introduciendo nuevas ideas a la noción general que el grupo tenía sobre la educación inclusiva. Posteriormente, los estudiantes dispusieron de otros 15 minutos para reformular sus definiciones y enviarlas nuevamente a través de *Blackboard*.

Figura 1
Redes de co-ocurrencia del pretest del Grupo A



Grupo B

A los estudiantes del Grupo B se les pidió que definieran el concepto de “plan de estudios abierto y flexible”. Realizaron un trabajo individual en el que analizaron el proyecto curricular de un centro educativo real y elaboraron propuestas para hacer dicho proyecto curricular más abierto y flexible. Este ejercicio se desarrolló a lo largo de un par de semanas y, posteriormente, compartieron brevemente sus avances con los compañeros durante el tiempo de clase. A continuación, el formador revisó los proyectos y comentó las propuestas sugeridas por los estudiantes. Finalmente, el alumnado dispuso de otros 15 minutos para reformular sus definiciones del concepto.

Grupo C

A los estudiantes del Grupo C se les pidió que definieran en qué consistía una “adaptación curricular individualizada significativa”. Tras completar y enviar sus definiciones, recibieron una clase magistral expositiva sobre este concepto. Al finalizar la sesión, el alumnado dispuso de 15 minutos para reformular sus definiciones y enviarlas nuevamente a través de *Blackboard*.

Recogida y procesamiento de la muestra analítica

Todos los datos se recogieron durante las horas de clase. El procedimiento respetó los derechos de los participantes al consentimiento informado, la protección de datos personales, la confidencialidad y la no discriminación, y los participantes no recibieron ninguna compensación.

Los investigadores descargaron las definiciones de conceptos en formato de texto directamente de la plataforma *Blackboard* y realizaron un preprocesamiento manual del texto. Este proceso implicó la corrección de erratas o faltas de ortografía, el cambio de acrónimos a sus significados completos y la eliminación de dobles espacios, caracteres especiales y expresiones de lenguaje inclusivo. El texto depurado constituyó el conjunto de datos para el análisis, sin incluir ninguna palabra vacía o *stop word*. Los corpus resultantes consistieron en las siguientes muestras analíticas: para el Grupo A, 1017 tokens pretest y 1133 postest; para el Grupo B, 1127 tokens pretest y 1111 postest; y para el Grupo C 1101 tokens en el pretest y 1173 en el postest.

Se estableció un conjunto predefinido de 10 palabras clave y 10 asociaciones relevantes entre términos para cada concepto, consideradas como elementos prioritarios que debían incluirse en las definiciones. Estas palabras clave se utilizaron para evaluar la comprensión global de los conceptos por parte del estudiantado,

mientras que las asociaciones fueron empleadas para comparar los patrones de relación entre los términos y las co-ocurrencias de palabras en los pretest y postest respecto a cada grupo. Los Apéndices 1 y 2 contienen los criterios utilizados para evaluar las definiciones de los conceptos.

Se calculó la prueba de Yuen de muestras pareadas robustas sobre medias recortadas para muestras dependientes con el fin de calcular el tamaño del efecto, obteniendo intervalos de confianza (IC) del 95% para las estimaciones. La prueba de Yuen de muestras relacionadas sobre medias recortadas es uno de los métodos más robustos para comparar conjuntos de datos con distribuciones no normales, proporcionando resultados más sólidos que los de pruebas no paramétricas tradicionales. De esta forma, los valores de $\xi = .10, .30$ y $.50$ correspondieron respectivamente a tamaños del efecto pequeños, medianos y grandes para cada estrategia docente. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el paquete “ggstatsplot”, una extensión del paquete “ggplot2” para R.

RESULTADOS

PI1: Selección de palabras clave

La Tabla 1 presenta los hallazgos que responden a la PI1, mientras que la Figura 2 muestra los resultados de los pretest y postest representados mediante diagramas de cajas para cada grupo (A, B y C). Los resultados muestran que la única diferencia estadísticamente significativa entre los participantes se produjo en el Grupo A, donde los estudiantes fueron expuestos a la analítica del aprendizaje basada en MT. En el Grupo B, en cambio, se observó una significación estadística marginal. En consecuencia, el Grupo A mostró un mayor efecto tras el uso de la MT ($t_{Yuen} = -6.37, p < .001, \delta_R^{AKP} = -1.03, IC_{95\%} = -2.10, -.74$) en comparación con el efecto observado al realizar proyectos individuales ($t_{Yuen} = -1.78, p = .09, \delta_R^{AKP} = -.50, IC_{95\%} = -.86, -.10$).

Tabla 1

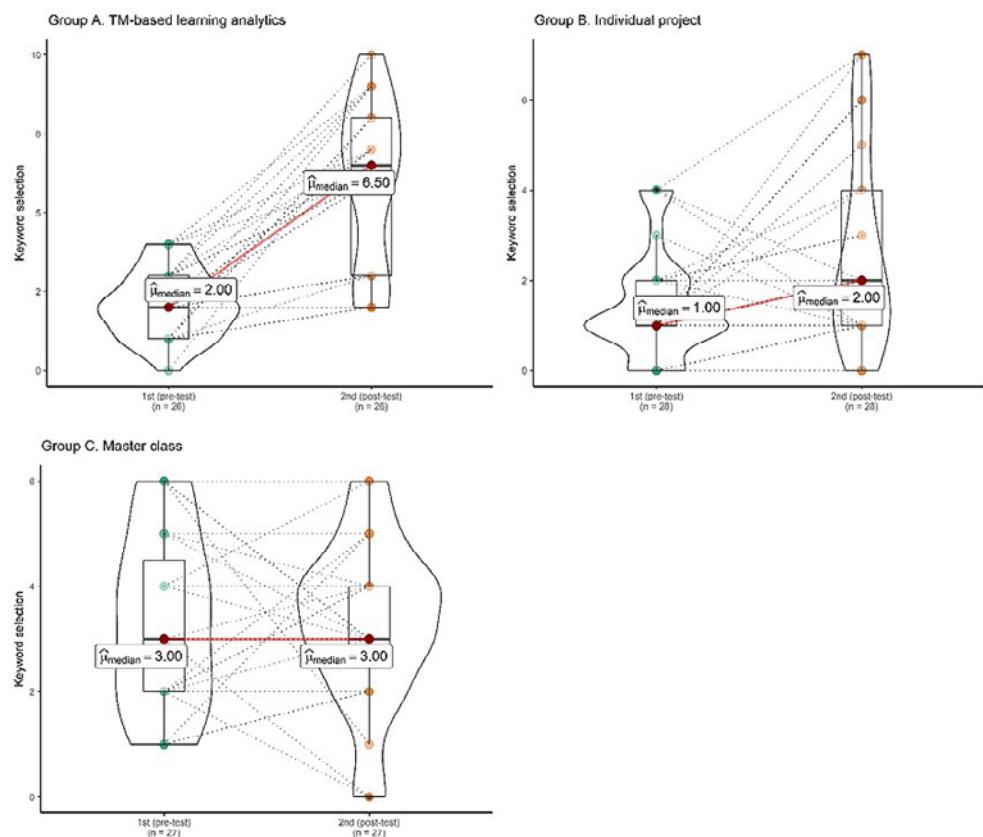
Diferencias entre pretest y postest en la selección de palabras clave para cada grupo

Grupo	V _{Wilcoxon}	p-valor	r ^{rank} _{biserial}	IC _{95%}	t _{Yuen}	p-valor	δ _R ^{AKP}	IC _{95%}
A	NA	NA	NA	NA	-6.37	<.001	-1.03	(-2.10, -.74)
B	.01	.01	-.61	(-.83, -.24)	-1.78	.09	-.50	(-.86, -.10)
C	59.50	.88	.05	(-.37, .45)	-.15	.88	-.03	(-.52, .25)

Nota 1. V_{Wilcoxon} = estadístico de la prueba de Wilcoxon; p-valor = valor de probabilidad que indica el nivel de significación; r^{rank}_{biserial} = correlación rango-biserial estimada; IC_{95%} = intervalo de confianza al 95%; t_{Yuen} = estadístico de contraste de la prueba t de Yuen; δ_R^{AKP} = medida robusta del tamaño del efecto; NA = no aplicable.

Nota 2. En el caso del Grupo A, no fue posible aplicar la prueba de Wilcoxon, ya que las variables no cumplían dos de los supuestos fundamentales: la distribución simétrica de las variables con un nivel de medida de intervalo o razón, y la distribución simétrica de las diferencias de rangos (Pardo y San Martín, 2010).

Figura 2
Gráficos de caja de los pretest y postest de cada grupo



PI2: Asociación de términos

En el Grupo A el índice de Jaccard para las asociaciones de palabras en el pretest mostró valores que oscilaron entre .000 y .375 (Tabla 2). Después de la sesión en la que los estudiantes analizaron los errores en sus definiciones mediante gráficos visuales generados con MT, los valores del índice de Jaccard en el postest incrementaron, alcanzando un rango entre .217 y .917. Este aumento evidenció diferencias estadísticamente significativas entre el pretest y el postest en siete de las diez asociaciones de palabras más relevantes (de la 1 a la 7, todas con p_j y $p_t < .05$) (ver Tabla 2). Algunas asociaciones mostraron un incremento particularmente destacado tras la aplicación de la estrategia docente basada en MT. Por ejemplo, se observaron mejoras significativas en las asociaciones entre los términos 2 y 5 (es decir, *accesible - contextos*, y *eliminar - barreras*, respectivamente).

Tabla 2*Las 10 asociaciones de términos más importantes por grupo de estudiantes*

Grupo	Pruebas J _c	Pretest	<i>f_x</i>	<i>f_y</i>	<i>p_e</i>	<i>p_b</i>	Postest	<i>f_h</i>	<i>f_z</i>	<i>p_j</i>	<i>p_t</i>	J _c Δ
A	Asociación de términos 1	.000	1	4	.473	.645	.609*	23	14	.037	.028	.609
	Asociación de términos 2	.000	1	2	.462	.628	.917***	12	11	<.001	<.001	.917
	Asociación de términos 3	.111	8	2	.499	.065	.692***	13	9	<.001	<.001	.581
	Asociación de términos 4	.187	3	16	.122	.107	.667**	13	17	.002	<.001	.480
	Asociación de términos 5	.000 ^a	0	1	1.000	1.000	.783**	18	23	.007	.007	.783
	Asociación de términos 6	.333	5	3	.028	.078	1.000***	12	12	<.001	<.001	.667
	Asociación de términos 7	.333	3	5	.028	.078	.588**	15	12	.007	.007	.255
	Asociación de términos 8	.200	5	25	.476	.190	.417	11	23	.746	.806	.217
	Asociación de términos 9	.142	1	7	.086	.034	.583	23	15	.337	.401	.441
	Asociación de términos 10	.117	3	16	.855	.108	.421	10	17	.179	.200	.304
B	Asociación de términos 1	.375*	4	7	.011	.018	.750***	10	11	<.001	<.001	.375
	Asociación de términos 2	1.000*	1	1	.005	.012	1.000***	5	5	<.001	<.001	.000
	Asociación de términos 3	.555	18	24	.642	.685	.538	21	19	.837	.884	-.017
	Asociación de términos 4	.000	8	1	.462	.590	1.000***	5	5	<.001	<.001	1.000
	Asociación de términos 5	.055	1	18	.425	.708	.273	7	21	.427	.467	.218
	Asociación de términos 6	.250	3	7	.054	.075	.273***	8	11	<.001	<.001	.023
	Asociación de términos 7	.000	3	8	.268	.342	.444	8	5	.005	.659	.444
	Asociación de términos 8	.000 ^a	0	7	1.000	1.000	.000	1	11	.412	.636	.000
	Asociación de términos 9	.000 ^a	1	0	1.000	1.000	.454**	5	11	.002	.002	.454
	Asociación de términos 10	.000 ^a	0	1	1.000	1.000	NA	0	0	NA	NA	NA
C	Asociación de términos 1	.440	21	15	.543	.595	.565	20	16	.268	.326	.125
	Asociación de términos 2	.440	21	15	.543	.585	.480	21	16	.670	.708	.040
	Asociación de términos 3	.348	21	10	.825	.842	.348	21	10	.826	.822	.000
	Asociación de términos 4	.190	21	4	.142	.263	.227	21	6	.707	.715	.037
	Asociación de términos 5	.208	21	8	.233	.240	.261	21	8	.835	.887	.053
	Asociación de términos 6	.000 ^a	21	0	1.000	1.000	.000 ^a	21	0	1.000	1.000	.000
	Asociación de términos 7	.136	21	4	.921	.980	.095	21	2	.402	.538	-.041
	Asociación de términos 8	.095	21	2	.402	.549	.095	21	2	.402	.526	.000
	Asociación de términos 9	.048	21	1	.472	.658	.048	21	1	.473	.650	.000
	Asociación de términos 10	.055	15	4	.204	.231	.111	16	4	.678	.735	.056

Nota 1. Pruebas J_c= prueba de Jaccard; Pretest = medición inicial antes de la aplicación de la estrategia didáctica; f_x = frecuencia de la primera selección de palabras clave en el pretest para cada asociación; f_y = frecuencia de la segunda selección de palabras clave en el pretest para cada asociación; f_h = frecuencia de la primera selección de palabras clave en el postest para cada asociación; f_z = frecuencia de la segunda selección de palabras clave en el postest para cada asociación; p_e = p-valor exacto (pretest), p_b: p-valor exacto con bootstrap (pretest); p_j = p-valor exacto (postest); p_t = valor p con bootstrap (postest); * p < .05, ** p < .01, *** p < .001 con métodos bootstrap y exactos.

Nota 2. El Apéndice 2 presenta las asociaciones de términos para cada grupo.

Nota 3. ^aUn vector de entrada contenía únicamente ceros.

Los estudiantes del Grupo B, quienes desarrollaron proyectos individuales, establecieron dos asociaciones relevantes de términos en el pretest (las asociaciones 1 [*atención - individualizada*] y 2 [*igualdad - oportunidades*], ambas con p_e y $p_b < .05$, respectivamente). Tras la revisión de los trabajos individuales por parte del formador y una explicación más detallada del concepto basada en estos, los resultados del postest mostraron hasta cinco asociaciones significativas (asociaciones de términos 1, 2, 4, 6 y 9, todas con p_j y $p_t < .05$; véase el Apéndice 2 para más detalles sobre las asociaciones de términos). Sin embargo, el Grupo B, con el proyecto individual como estrategia didáctica, mostró diferencias menos favorables entre los índices de Jaccard del pretest y el postest en comparación con el Grupo A, sin alcanzar una mejora significativa en la selección de las palabras clave para definir el concepto ($t_{Yuen} = -1.78$, $p = .09$, $\delta_R^{AKP} = -.50$, $IC_{95\%} = -.86$, $-.10$) (véase la Tabla 1 y la Figura 2).

Por otro lado, el grupo C, que asistió a una clase magistral expositiva, no mostró avances significativos entre el pretest y el postest ($t_{Yuen} = -.15$, $p = .88$, $\delta_R^{AKP} = -.03$, $IC_{95\%} = -.52$, $.25$). Además, no se identificaron asociaciones relevantes entre los términos utilizados para definir el concepto.

DISCUSIÓN

El presente estudio ofrece evidencias empíricas sobre el uso de la analítica del aprendizaje basada en MT como una herramienta pedagógica efectiva. Específicamente, se compara su eficacia con la de otras dos estrategias docentes: el trabajo individual por proyectos y la asistencia a una clase magistral, en el contexto del aprendizaje de conceptos educativos abstractos en un programa de formación del profesorado. Investigaciones previas han demostrado que el aprendizaje activo, que incluye actividades como la escritura y los debates (Breivik, 2020), la retroalimentación detallada (Gao & Lloyd, 2020) y el uso de información visual (Magana et al., 2019), facilita la adquisición de conceptos en entornos universitarios, especialmente cuando estas estrategias se implementan en grupos pequeños (Atkinson et al., 2020; Rodriguez y Potvin, 2021). Además, se ha señalado que las técnicas basadas en MT pueden hacer más eficiente la evaluación de los resultados de aprendizaje del estudiantado (Kong et al., 2021). Sin embargo, hasta ahora no existía evidencia suficiente sobre los efectos de la MT aplicada como estrategia docente para favorecer el aprendizaje conceptual en la educación superior. En este estudio, la analítica del aprendizaje basada en MT permitió a los estudiantes seleccionar palabras clave importantes, identificar aspectos ausentes en la definición de un concepto abstracto y establecer asociaciones relevantes entre diversos términos.

En línea con los resultados de este estudio, estudios anteriores en educación primaria ya habían analizado los efectos de una herramienta de modelado de temas,

conocida como Sobek, utilizada para evaluar el aprendizaje de conceptos científicos. Estos estudios concluyeron que los estudiantes que empleaban herramientas basadas en MT lograban mejores resultados en los exámenes (Costa et al., 2017; Reategui et al., 2019). De forma similar, un estudio realizado con 54 estudiantes de educación secundaria evidenció que aquellos que utilizaban herramientas de MT para la redacción de ensayos lograban incorporar un mayor número de conceptos relevantes en sus textos (Erkens et al., 2016). Estos hallazgos, que coinciden con los obtenidos en el presente estudio, refuerzan la idea de que la analítica del aprendizaje basada en MT constituye una herramienta eficaz para mejorar la comprensión y retención de conceptos educativos abstractos.

Implicaciones para la práctica educativa

No es casualidad que la analítica de aprendizaje basada en MT se presente como un poderoso aliado para que los estudiantes adquieran conceptos abstractos en las universidades, dado que desde hace décadas las neurociencias han demostrado la estrecha relación entre la atención visual y el procesamiento de la información (Huttmacher, 2019; Kanwisher y Wojciulik, 2000). La literatura especializada ha destacado que aspectos como los contrastes de color, la intensidad y otros factores visuales pueden estimular la atención visual, y conducir a beneficios en términos de rendimiento de la memoria de trabajo (Itti & Koch, 2001). De hecho, en el presente estudio, las representaciones visuales basadas en MT se utilizaron para presentar palabras clave con diferentes colores, tamaños y contrastes, conscientes de que en el aula los estudiantes suelen enfrentar dificultades para mantener la atención, especialmente durante sesiones prolongadas (Ghanizadeh et al., 2024). De acuerdo con la teoría del aprendizaje significativo, a menudo pasada por alto en algunos estudios, la calidad de la realización de una tarea, como definir un concepto, depende de una combinación de atención sensorial y del acceso a registros de conocimiento previo en la memoria (es decir, el control ejecutivo) (Nobre & Kastner, 2014).

Sin embargo, aunque hemos observado que la analítica del aprendizaje basada en MT facilita la selección de palabras clave y el establecimiento de asociaciones relevantes entre términos, esto no garantiza necesariamente que los estudiantes manejen y apliquen eficazmente esos conceptos en contextos más complejos. Lo que sí implica es que han adquirido una noción general clara que les permite identificar las partes más críticas de un concepto y obtener una visión global del mismo. Sabemos, gracias a trabajos pioneros en la literatura (Bruner et al., 1956) que tener una idea general completa de un concepto facilita su adquisición, pero en ningún caso garantiza su uso efectivo en tareas más avanzadas o complejas. De hecho, existen estudios que han demostrado que técnicas como la revisión

por pares, por ejemplo, no siempre resultan en una mejora en las habilidades de razonamiento de orden superior después de la adquisición inicial de conceptos (Turner et al., 2018).

Así como existen tareas diseñadas específicamente para fomentar el pensamiento de orden superior (por ejemplo, las discusiones asíncronas en línea) (Jeong & Chiu, 2020), aún carecemos de evidencia suficiente sobre los efectos de la analítica del aprendizaje basada en MT para facilitar el aprendizaje conceptual. Esto limita la capacidad para diseñar intervenciones educativas robustas que integren la analítica de aprendizaje basada en MT con fines como la evaluación longitudinal del aprendizaje o la comparación entre distintos conceptos. Por el momento, sabemos que la MT puede emplearse eficazmente al inicio de un curso académico como un recurso didáctico para ayudar a los estudiantes a adquirir conceptos abstractos fundamentales. Sin embargo, para garantizar un aprendizaje más profundo y duradero, sería necesario diseñar otras tareas complementarias que permitan a los estudiantes desarrollar y aplicar estos conceptos en contextos específicos (Cortes et al., 2019). Por ejemplo, en el caso del Grupo A de nuestro estudio, una posible actividad posterior sería enseñar a los estudiantes a evaluar de forma práctica el nivel de inclusión de una escuela o estrategia didáctica. Esto podría lograrse a través de tareas como construir una rúbrica específica para medir el nivel de inclusión, permitiendo así una aplicación práctica y contextualizada del conocimiento adquirido.

Uno de los beneficios de la MT como herramienta educativa es su capacidad para generar una descripción detallada del nivel de adquisición de un concepto por parte de un grupo de estudiantes, proporcionando a su vez una explicación más precisa y general para toda la clase, detallando los aspectos que faltan y los errores en la definición de un concepto. Con el uso de la MT, los formadores pueden ahorrar tiempo y evitar situaciones en la que los estudiantes tengan que resolver dudas uno a uno sobre un concepto o, peor aún, tengan dudas sin resolver y no alcancen los resultados de aprendizaje deseados en una asignatura debido a la falta de comprensión de las nociones fundamentales.

No obstante, la analítica del aprendizaje basada en la MT implica procedimientos con los que no todos los profesores universitarios pueden estar familiarizados, por lo que será necesario desarrollar programas de formación específicos que presenten la MT como una herramienta pedagógica eficaz. Además, la formación del profesorado universitario cobra una relevancia especial en un momento en que las instituciones de educación superior están invirtiendo cada vez más en tecnología educativa, y su personal docente debe saber cómo sacarle el máximo partido para que dichas inversiones sean rentables. En definitiva, los hallazgos de este estudio contribuyen a una mejor inversión de los recursos, utilizando la analítica del aprendizaje basada en MT no solo como una herramienta para evaluar el aprendizaje, como es habitual

en los estudios revisados (por ejemplo, Begusic et al., 2018; Hernández-Lara et al., 2021), sino también como una estrategia pedagógica eficaz en la enseñanza universitaria.

Limitaciones e investigación emergente

Aunque el presente estudio aporta evidencia sobre el potencial de la analítica del aprendizaje basada en la MT como herramienta didáctica para la adquisición de conceptos a nivel universitario, el diseño del estudio presenta limitaciones que afectan tanto a la validez interna como externa de los resultados. Una de estas limitaciones es la falta de un proceso formal de validación en el diseño e implementación de la estrategia de enseñanza con MT antes de su ejecución. Un proceso de validación formal debería considerar aspectos como la viabilidad, la aceptabilidad y la validez, y potencialmente proporcionar pruebas preliminares del impacto de la estrategia pedagógica. Un panel de expertos podría haber reforzado aún más su validez, discutiendo aspectos clave como el propio objetivo de utilizar la MT, las diversas estrategias para su implementación, la duración y frecuencia de la intervención y los criterios para su administración, entre otros asuntos. Por lo tanto, es fundamental llevar a cabo más estudios que incluyan protocolos de estrategias de enseñanza y un proceso de validación más riguroso para garantizar la coherencia de los resultados. Además, sería recomendable emplear diseños experimentales controlados que permitan investigar las intervenciones basadas en MT utilizando medidas homogéneas entre grupos, por ejemplo, analizando el mismo concepto.

Otra limitación del estudio es la falta de poder estadístico para detectar diferencias significativas al contrastar los pretest y postest debido al tamaño reducido de las muestras. Un tamaño muestral pequeño puede generar sesgos, restringiendo la generalización de los resultados. Por ello es necesario llevar a cabo estudios adicionales con muestras más grandes para confirmar los hallazgos preliminares observados en nuestra investigación.

Además, aunque sabemos que la capacidad para definir un concepto de manera general contribuye al aprendizaje significativo de dicho concepto, facilitando su comprensión fundamental, como mostró Ausubel, nuestro estudio no proporciona evidencia sobre el desarrollo posterior del concepto definido por los estudiantes. Es probable que la MT sea útil principalmente en la adquisición inicial de una visión general de un concepto abstracto. Para profundizar en los contenidos del concepto y asegurar su aplicación exitosa en la práctica profesional, es necesario complementar esta estrategia con otras técnicas pedagógicas. Por lo tanto, se requieren más investigaciones para explorar cómo los beneficios de la MT pueden expandirse a la adquisición y desarrollo de conceptos abstractos en estudiantes universitarios, especialmente en el ámbito de la formación del profesorado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Generalitat Valenciana (código CIGE/2023/53) y el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (código PID2022-141403NB-I00, con financiación MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER-EU).

REFERENCIAS

- Aguilar, J., Buendia, O., Pinto, A., & Gutiérrez, J. (2022). Social learning analytics for determining learning styles in a smart classroom. *Interactive Learning Environments*, 30(2), 245–261. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1651745>
- Atkinson, M. B., Krishnan, S., McNeil, L. A., Luft, J. A., & Pienta, N. J. (2020). Constructing Explanations in an Active Learning Preparatory Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, 97(3), 626–634. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00901>
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston.
- Azadi, G., Biria, R., & Nasri, M. (2018). Operationalising the Concept of Mediation in L2 Teacher Education. *Journal of Language Teaching and Research*, 9(2), 132–140. <https://doi.org/10.17507/jltr.0901.17>
- Babaahmadi, A., Maraghi, E., Moradi, S., & Younespour, S. (2021). Comparison Between Peer Learning and Conventional Methods in Biostatistics Course Among Postgraduate Nursing Students' Final Score, Statistics and Test Anxiety: A Quasi-experimental Study with a Control Group. *Shiraz E-Medical Journal*, 22(11), 1–8. <https://doi.org/10.5812/semj.111984>
- Begusic, D., Pintar, D., Skopljanac-Macina, F., & Vranic, M. (2018). Annotating Exam Questions Through Automatic Learning Concept Classification. *2018 26th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks, SoftCOM 2018*, 176–180. <https://doi.org/10.23919/SOFTCOM.2018.8555784>
- Borghi, A. M., Barca, L., Binkofski, F., Castelfranchi, C., Pezzulo, G., & Tummolini, L. (2019). Words as social tools: Language, sociality and inner grounding in abstract concepts. *Physics of Life Reviews*, 29, 120–153. <https://doi.org/10.1016/j.plrev.2018.12.001>
- Breivik, J. (2020). Argumentative patterns in students' online discussions in an introductory philosophy course: Micro-and macrostructures of argumentation as analytic tools. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 15(1), 8–23. <https://doi.org/10.18261/ISSN.1891-943X-2020-01-02>

- Bruner, J. S., Goodnow, J. J., & Austin, G. A. (1956). *A study of thinking*. Wiley.
- Casanoves, M., Solé-Llussà, A., Haro, J., Gericke, N., y Valls, C. (2022). Assessment of the ability of game-based science learning to enhance genetic understanding. *Research in Science & Technological Education*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/02635143.2022.2044301>
- Cortes, D. M. G., Rodríguez, C. M. O., & Alejo, V. V. (2019). Learning object for contextualization of matrix operations in digital image processing through programming. *Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 92–98. <https://doi.org/10.1145/3362789.3362876>
- Costa, A. P. M., Reategui, E. B., Epstein, D., Meyer, D. D., Lima, E. G., & Silva, K. H. da. (2017). Emprego de um software baseado em mineração de texto e apresentação gráfica multirrepresentacional como apoio à aprendizagem de conceitos científicos a partir de textos no Ensino Fundamental. *Ciência & Educação (Bauru)*, 23(1), 91–109. <https://doi.org/10.1590/1516-731320170010006>
- De Lin, O., Gottipati, S., Ling, L. S., & Shankararaman, V. (2021). Mining Informal & Short Student Self-Reflections for Detecting Challenging Topics – A Learning Outcomes Insight Dashboard. *2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Oct 2021*, 1–9. <https://doi.org/10.1109/FIE49875.2021.9637181>
- Erkens, M., Bodemer, D., & Hoppe, H. U. (2016). Improving collaborative learning in the classroom: Text mining based grouping and representing. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 11(4), 387–415. <https://doi.org/10.1007/s11412-016-9243-5>
- Finkenstaedt-Quinn, S. A., Polakowski, N., Gunderson, B., Shultz, G. V., & Gere, A. R. (2021). Utilizing Peer Review and Revision in STEM to Support the Development of Conceptual Knowledge Through Writing. *Written Communication*, 38(3), 351–379. <https://doi.org/10.1177/07410883211006038>
- Freeman, D. (2018). Arguing for a knowledge-base in language teacher education, then (1998) and now (2018). *Language Teaching Research*, 24(1), 5–16. <https://doi.org/10.1177/1362168818777534>
- Gaglo, K., Degboe, B. M., Kossingou, G. M., & Ouya, S. (2022). Proposal of conversational chatbots for educational remediation in the context of covid-19. *2022 24th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), Feb 2022*, 354–358. <https://doi.org/10.23919/ICACT53585.2022.9728860>
- Gagné, R. M. (1985). *The conditions of learning and theory of instruction* (4th ed.). Holt, Rinehart and Winston.
- Gao, R., & Lloyd, J. (2020). Precision and Accuracy: Knowledge Transformation through Conceptual Learning and Inquiry-Based Practices in Introductory and Advanced Chemistry Laboratories. *Journal of Chemical Education*, 97(2), 368–373. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00563>

- Ghanizadeh, A., Tabeie, M., & Pourtousi, Z. (2024). The role of university instructor's narrative in students' sustained attention, emotional involvement and cognitive learning. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 16(1), 195–207. <https://doi.org/10.1108/JARHE-09-2022-0278>
- Greco, P., & Piaget, J. (1959). *Apprentissage et connaissance*. P.U.F.
- Guerrettaz, A. M., Zahler, T., Sotirovska, V., & Boyd, A. S. (2020). 'We acted like ELLs': A pedagogy of embodiment in preservice teacher education. *Language Teaching Research*, 1–25. <https://doi.org/10.1177/1362168820909980>
- Hernández-de-Menéndez, M., Vallejo Guevara, A., Tudón Martínez, J. C., Hernández Alcántara, D., & Morales-Menéndez, R. (2019). Active learning in engineering education. A review of fundamentals, best practices and experiences. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 13(3), 909–922. <https://doi.org/10.1007/S12008-019-00557-8/FIGURES/2>
- Hernández-Lara, A. B., Perera-Lluna, A., & Serradell-López, E. (2021). Game learning analytics of instant messaging and online discussion forums in higher education. *Education and Training*, 63(9), 1288–1308. <https://doi.org/10.1108/ET-11-2020-0334>
- Hutmacher, F. (2019). Why Is There So Much More Research on Vision Than on Any Other Sensory Modality? *Frontiers in Psychology*, 10, 2246. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02246>
- Inada, Y. (2018). Collaborative learning in entrepreneurship education in a Japanese business school. *Proceedings of the European Conference on Innovation and Entrepreneurship, ECIE, Sep 2018*, 319–327.
- Itti, L., & Koch, C. (2001). Computational modelling of visual attention. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(3), 194–203. <https://doi.org/10.1038/35058500>
- Jeong, A., & Chiu, M. M. (2020). Production blocking in brainstorming arguments in online group debates and asynchronous threaded discussions. *Educational Technology Research and Development*, 68, 3097–3114. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09845-7>
- Kanwisher, N., & Wojciulik, E. (2000). Visual attention: Insights from brain imaging. *Nature Reviews Neuroscience*, 1(2), 91–100. <https://doi.org/10.1038/35039043>
- Khong, I., Aprila Yusuf, N., Nuriman, A., & Bayu Yadila, A. (2023). Exploring the Impact of Data Quality on Decision-Making Processes in Information Intensive Organizations. *APTSI Transactions on Management (ATM)*, 7(3), 253–260. <https://doi.org/10.33050/atm.v7i3.2138>
- Kong, S.-C., Kwok, W.-Y., & Poon, C.-W. (2021). Evaluating a learning trail for academic integrity development in higher education using bilingual text mining. *Technology, Pedagogy and Education*, 30(2), 305–322. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2021.1899041>

- Koong, C.-S., Lin, H.-C., Wu, C.-C., Chen, C.-H., Lee, P.-H., & Wang, H.-C. (2021). Design and Implementation of an iOS APP: Multimedia Interactive System and Items for Woodworking Teaching. En M. M. T. Rodrigo, S. Iyer, A. Mitrovic, H. N. H. Cheng, D. Kohen-Vacs, C. Matuk, A. Palalas, R. Rajenran, K. Seta, y J. Wang (Eds.), *29th International Conference on Computers in Education Conference, ICCE 2021 - Proceedings* (Vol. 2, pp. 310–316). Asia-Pacific Society for Computers in Education.
- Kortemeyer, G., Anderson, D., Desrochers, A. M., Hackbardt, A., Hoekstra, K., Holt, A., Iftekhar, A., Kabaker, T., Keller, N., Korzecke, Z., Gogonis, A., Manson, Q., McNeill, G., Mookerjee, D., Nguyen, S., Person, B., Stafford, M., Takamoribraganca, L., Yu, Z., ... Ratan, R. (2019). Using a computer game to teach circuit concepts. *European Journal of Physics*, 40(5), 1–16. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ab2a1d>
- Liao, A. Y. H. (2022). An APP-Based E-Learning Platform for Artificial Intelligence Cross-Domain Application Practices. En L. Barolli, K. Yim, y H. C. Chen (Eds.), *Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing. IMIS 2021. Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 279, pp. 341–351). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-79728-7_34
- Magana, A. J., Serrano, M. I., & Rebello, N. S. (2019). A sequenced multimodal learning approach to support students' development of conceptual learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(4), 516–528. <https://doi.org/10.1111/jcal.12356>
- Nguyen, K. A., Borrego, M., Finelli, C. J., DeMonbrun, M., Crockett, C., Tharayil, S., Shekhar, P., Waters, C., & Rosenberg, R. (2021). Instructor strategies to aid implementation of active learning: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/S40594-021-00270-7/TABLES/2>
- Nobre, A. C. (Kia), & Kastner, S. (Eds.). (2014). *The Oxford Handbook of Attention* (Vol. 1). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199675111.001.0001>
- Pardo, A., & San Martín, R. (2010). *Metodología de las Ciencias del Comportamiento y de la Salud II*. Síntesis.
- Pillutla, V. S., Tawfik, A. A., & Giabbanielli, P. J. (2020). Detecting the Depth and Progression of Learning in Massive Open Online Courses by Mining Discussion Data. *Technology, Knowledge and Learning*, 25(4), 881–898. <https://doi.org/10.1007/s10758-020-09434-w>
- Pintar, D., Begušić, D., Škopljanc-Maćina, F., & Vranić, M. (2018). Automatic extraction of learning concepts from exam query repositories. *Journal of Communications Software and Systems*, 14(4), 312–319. <https://doi.org/10.24138/jcomss.v14i4.605>

- Reategui, E., Costa, A. P. M., Epstein, D., & Carniato, M. (2019). *Learning Scientific Concepts with Text Mining Support* (pp. 97–105). https://doi.org/10.1007/978-3-319-98872-6_12
- Redondo López, J. M. (2021). Improving Concept Learning Through Specialized Digital Fanzines. *2021 IEEE/ACM 43rd International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSE-SEET)*, 134–143. <https://doi.org/10.1109/ICSE-SEET52601.2021.00023>
- Reyes-Santías, F., Rivo-López, E., Villanueva-Villar, M., & Míguez-Álvarez, C. (2021). Movie clips for teaching business management: Step by step. *Journal of Education for Business*, 1–12. <https://doi.org/10.1080/08832323.2021.1991258>
- Reynolds, J. A., Cai, V., Choi, J., Faller, S., Hu, M., Kozhumam, A., Schwartzman, J., & Vohra, A. (2020). Teaching during a pandemic: Using high-impact writing assignments to balance rigor, engagement, flexibility, and workload. *Ecology and Evolution*, 10(22), 12573–12580. <https://doi.org/10.1002/ece3.6776>
- Rodriguez, M., & Potvin, G. (2021). Frequent small group interactions improve student learning gains in physics: Results from a nationally representative pre-post study of four-year colleges. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2), 1–11. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.020131>
- Shwartz, V. (2021). Dissertation Abstract: Learning High Precision Lexical Inferences. *KI - Künstliche Intelligenz*, 35(3–4), 377–383. <https://doi.org/10.1007/s13218-021-00709-7>
- Taga, M., Onishi, T., & Hirokawa, S. (2018). Automated Evaluation of Students Comments Regarding Correct Concepts and Misconceptions of Convex Lenses. *Proceedings - 2018 7th International Congress on Advanced Applied Informatics, IIAI-AAI 2018*, 273–277. <https://doi.org/10.1109/IIAI-AAI.2018.00059>
- Tsai, M.-J., Wu, A.-H., & Wang, C.-Y. (2022). Pre-training and cueing effects on students' visual behavior and task outcomes in game-based learning. *Computers in Human Behavior Reports*, 6, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2022.100188>
- Turner, R. L. (1975). An Overview of Research in Teacher Education. *Teachers College Record: The Voice of Scholarship in Education*, 76(6), 87–110. <https://doi.org/10.1177/016146817507600605>
- Turner, S. A., Pérez-Quiñones, M. A., & Edwards, S. H. (2018). Peer Review in CS2: Conceptual Learning and High-Level Thinking. *ACM Transactions on Computing Education*, 18(3), 1–37. <https://doi.org/10.1145/3152715>
- Volkwyn, T. S., Gregorcic, B., Airey, J., & Linder, C. (2020). Learning to use Cartesian coordinate systems to solve physics problems: the case of 'movability.' *European Journal of Physics*, 41(4), 1–15. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ab8b54>
- Wittek, A. L. (2018). Processes of Writing as Mediational Tool in Higher Education. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 62(3), 444–460. <https://doi.org/10.1080/00313831.2016.1258664>

Ye, L., Eichler, J. F., Gilewski, A., Talbert, L. E., Mallory, E., Litvak, M., M. Rigsby, E., Henbest, G., Mortezaei, K., & Guregyan, C. (2020). The impact of coupling assessments on conceptual understanding and connection-making in chemical equilibrium and acid-base chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(3), 1000–1012. <https://doi.org/10.1039/d0rp00038h>

APÉNDICES

Las palabras de los Apéndices 1 y 2 provienen de los datos de los estudiantes extraídos de las definiciones enviadas. Los investigadores analizaron los textos considerando diversos sinónimos y combinaciones de palabras, diseñando las siguientes tablas para evaluar los datos. Las partes del habla identificadas se indican al final de ambos apéndices.

Apéndice 1

Las 10 palabras clave principales para cada grupo

Palabras clave del Grupo A	Palabras clave del Grupo B	Palabras clave del Grupo C
“Participación” ^{N,V}	“Individual” o “Personal” ^{AQ,AV,N,V}	“Necesidad” o “Limitación” ^N
“Accesibilidad” ^{AQ}	“Equidad” ^N	“Objetivo” ^N
“Equidad” ^N	“Adaptación” ^{N,V}	“Contenido” ^N
“Aceptación” ^V	“Ordinario” o “Común” ^{AQ}	“Competencia” ^N
“Barrera” o “Dificultad” ^N	“General” o “Básico” ^{AQ}	“Evaluación” ^[N, V]
“Derecho” ^N	“Autonomía” ^{AQ,N}	“Tiempo” ^N
“Capacidad” o “Potencial” ^N	“Docente” o “Profesor” ^{AQ,N}	“Centro” o “Aula” ^N
“Sociedad” ^{AQ, N}	“Formación” o “Cualificación” ^{AQ,N}	“Material” o “Recurso” ^N
“Aprendizaje” ^{N,V}	“Equipo” o “Grupo” ^N	“Mínimo” ^{AQ}
“Necesidad” o “Limitación” ^{N,V}	“Material” o “Recurso” ^N	“Individual” ^{AQ,AV,N}

Nota. AQ = adjetivo, AV = adverbio, N = sustantivo, V = verbo.

Apéndice 2a*Asociaciones entre bloques de términos para el Grupo A*

Prueba Jc	Bloque de términos #1	Bloque de términos #2
Asociación de términos 1	“Barrera” o “Dificultad” ^N	“Participación” ^{N,V}
Asociación de términos 2	“Accesibilidad” ^{AQ}	“Contexto” ^N
Asociación de términos 3	“Igualdad” ^{AQ,N}	“Oportunidad” ^N
Asociación de términos 4	“Aceptación” ^V	“Necesidad” o “Limitación” ^{N,V}
Asociación de términos 5	“Suprimir” o “Eliminar” ^{N,V}	“Barrera” o “Dificultad” ^N
Asociación de términos 6	“Derecho” ^N	“Garantizar” o “Asegurar” ^V
Asociación de términos 7	“Desarrollar” ^{N,V}	“Capacidad” o “Potencial” ^N
Asociación de términos 8	“Sociedad” ^{AQ, N}	“Educación” ^{AQ,N}
Asociación de términos 9	“Barrera” o “Dificultad” ^N	“Aprendizaje” ^{N,V}
Asociación de términos 10	“Atender” o “Superar” ^{N,V}	“Necesidad” o “Limitación” ^{N,V}

Nota. AQ = adjetivo, AV = adverbio, N = sustantivo, V = verbo.

Apéndice 2b*Asociaciones entre bloques de términos para el Grupo B*

Prueba Jc	Bloque de términos #1	Bloque de términos #2
Asociación de términos 1	“Atención” o “Enseñanza” ^N	“Individual” o “Personal” ^{AQ,N}
Asociación de términos 2	“Igualdad” ^N	“Oportunidad” ^N
Asociación de términos 3	“Concretar” o “Adaptar” ^{AQ,N,V}	“Curriculum” o “Métodos” ^{AQ,N}
Asociación de términos 4	“Centro” o “Escuela” ^N	“Ordinario” o “Común” ^{AQ}
Asociación de términos 5	“General” o “Básico” ^{AQ}	“Concretar” o “Adaptar” ^{AQ,N,V}
Asociación de términos 6	“Autonomía” ^{AQ,N}	“Docente” o “Profesor” ^{AQ,N}
Asociación de términos 7	“Autonomía” ^{AQ,N}	“Centro” o “Escuela” ^N
Asociación de términos 8	“Formación” o “Cualificación” ^{AQ,N}	“Docente” o “Profesor” ^{AQ,N}
Asociación de términos 9	“Equipo” o “Grupo” ^N	“Docente” o “Profesor” ^{AQ,N}
Asociación de términos 10	“Disponibilidad” ^N	“Material” o “Recurso” ^N

Nota. AQ = adjetivo, AV = adverbio, N = sustantivo, V = verbo.

Apéndice 2c

Asociaciones entre bloques de términos para el Grupo C

Prueba Jc	Bloque de términos #1	Bloque de términos #2
Asociación de términos 1	“Necesidad” o “Limitación” ^N	“Individual” ^{AQ,AV,V}
Asociación de términos 2	“Adaptar” o “Ajustar” ^{N,V}	“Objetivo” ^N
Asociación de términos 3	“Adaptar” o “Ajustar” ^{N,V}	“Contenido” ^N
Asociación de términos 4	“Adaptar” o “Ajustar” ^{N,V}	“Competencia” ^N
Asociación de términos 5	“Adaptar” o “Ajustar” ^{N,V}	“Evaluación” ^{N,V}
Asociación de términos 6	“Adaptar” o “Ajustar” ^{N,V}	“Tiempo” ^N
Asociación de términos 7	“Adaptar” o “Ajustar” ^{N,V}	“Centro, Aula” ^N
Asociación de términos 8	“Adaptar” o “Ajustar” ^{N,V}	“Material” o “Recurso” ^N
Asociación de términos 9	“Adaptar” o “Ajustar” ^{N,V}	“Mínimo” ^{AQ}
Asociación de términos 10	“Individual” ^{AQ,AV,V}	“Aprendizaje” ^{N,V}

Nota. AQ = adjetivo, AV = adverbio, N = sustantivo, V = verbo.

