

Evaluación formativa mediada por analíticas de aprendizaje en la educación STEAM: una revisión sistemática de la literatura

PATRICIA MEDINA-ZUTA^I

EDITH SORIA-VALENCIA^{II}

OSCAR ULLOA-GUERRA^{III}

ANGEL DERONCELE-ACOSTA^{IV}

<http://dx.doi.org/10.22347/2175-2753v15i48.3918>

Resumen

La evaluación es un proceso transversal determinante en la educación STEAM y las analíticas de aprendizaje puede aportar recursos clave a esta relación, especialmente tras la pandemia de la COVID-19. Por tal razón, el objetivo del estudio es analizar la orientación de la evaluación formativa mediada por analíticas de aprendizaje en la educación STEAM. Con este fin se realizó una revisión sistemática de literatura basada en el método PRISMA en dos bases de datos científicas de alto impacto: *Scopus* y *Web of Science*. Los resultados evidencian el carácter mediador de las analíticas de aprendizaje en la evaluación formativa en el contexto educacional STEAM, destacándose la retroalimentación adaptativa, unido a las potencialidades de la inteligencia artificial para una gestión holística del aprendizaje. Finalmente, la integración de la síntesis cualitativa y el análisis de co-concurrencia permitió proyectar la intencionalidad de la evaluación formativa en y desde un entorno de aprendizaje de colaboración, motivación y reflexión; connotándose tres núcleos dinamizadores de la evaluación formativa mediada por AA en un contexto educativo STEAM: la mediación pedagógica interactiva, la gestión creativa de aprendizajes y la comprensión del contexto formativo TIC.

Palabras clave: Educación STEAM; Evaluación formativa; Analíticas de aprendizaje; Retroalimentación; Inteligencia artificial.

Submetido em: 28/04/2022

Aprovado em: 24/07/2023

^I Universidad San Ignacio de Loyola (USIL), Lima, Peru; <http://orcid.org/0000-0002-6315-9356>; e-mail: patricia.medina@epg.usil.pe.

^{II} Universidad San Ignacio de Loyola (USIL), Lima, Peru; <http://orcid.org/0000-0002-2249-7826>; e-mail: edith.soria@usil.pe.

^{III} Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), La Rioja, Espanha; <http://orcid.org/0000-0002-9505-7768>; e-mail: oscar.ulloa@unir.net.

^{IV} Universidad San Ignacio de Loyola (USIL), Lima, Peru; <http://orcid.org/0000-0002-0413-014X>; e-mail: angel.deroncele@usil.pe.

Avaliação formativa mediada pela análise da aprendizagem na educação STEAM: uma revisão sistemática da literatura

Resumo

A avaliação é um processo transversal fundamental na educação STEAM e a análise de aprendizagem pode trazer recursos essenciais para essa relação, especialmente na esteira da pandemia da COVID-19. Por esse motivo, o objetivo do estudo é analisar a orientação da avaliação formativa mediada pela análise da aprendizagem na educação STEAM. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura com base no método PRISMA em dois bancos de dados científicos de alto impacto: *Scopus* e *Web of Science*. Os resultados mostram o caráter mediador da análise de aprendizagem na avaliação formativa no contexto educacional STEAM, destacando o *feedback* adaptativo, juntamente com o potencial da inteligência artificial para um gerenciamento holístico da aprendizagem. Por fim, a integração da síntese qualitativa e da análise de co-ocorrência permitiu que a intencionalidade da avaliação formativa fosse projetada em e a partir de um ambiente de aprendizagem colaborativo, motivacional e reflexivo, três fatores essenciais da avaliação formativa mediada pela análise da aprendizagem em um contexto educacional STEAM: mediação pedagógica interativa, gerenciamento criativo da aprendizagem e compreensão do contexto de aprendizagem de TIC.

Palavras-chave: Educação STEAM; Avaliação formativa; Análise de aprendizado; *Feedback*; Inteligência artificial.

Learning analytics-mediated formative assessment in STEAM education: a systematic literature review

Abstract

Assessment is a key cross-cutting process in STEAM education and learning analytics can bring key resources to this relationship, especially in the wake of the COVID-19 pandemic. For this reason, the aim of the study is to analyze the orientation of formative assessment mediated by learning analytics in STEAM education. To this end, a systematic literature review based on the PRISMA method was carried out in two high-impact scientific databases: *Scopus* and *Web of Science*. The results show the mediating character of learning analytics in formative assessment in the STEAM educational context, highlighting the adaptive feedback, together with the potential of artificial intelligence for a holistic management of learning. Finally, the integration of qualitative synthesis and co-occurrence analysis allowed projecting the intentionality of formative assessment in and from a collaborative, motivational and reflective learning environment, three core drivers of formative assessment mediated by learning analytics in a STEAM educational context: interactive pedagogical mediation, creative learning management and understanding of the ICT formative context.

Keywords: STEAM education; Formative assessment; Learning analytics; *Feedback*; Artificial intelligence.

Introducción

El confinamiento generado por la pandemia de la COVID-19 suscitó cambios drásticos en las actividades habituales del ser humano (UNESCO, 2020). Frente a ello, las plataformas y recursos tecnológicos cobraron relevancia para los distintos sectores de salud, educación, producción, entre otros que definen el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos en la agenda de las políticas mundiales al 2030 (UNESCO, 2014).

Ante ello, sería estratégico pensar en formar profesionales con la capacidad de analizar críticamente esos problemas y contribuir para que sean superados. En esta línea, se especifica a los profesionales STEAM, acrónimo que por sus siglas en inglés se despliega en las siguientes menciones: *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (YAKMAN; LEE, 2012), aunque también, incluyendo el Arte (SANTILLÁN AGUIRRE; CADENA VACA; CADENA VACA, 2019).

El siglo XXI enmarca la necesidad de estos profesionales y por lo tanto de una formación integral de los mismos, que vincule conocimientos y habilidades, sin dejar de lado, capacidades como la autorregulación, la reflexión crítica y la responsabilidad ética entre otros (MEDINA ZUTA; GONI CRUZ; GUTIERREZ ALLCCACO; HULLCA CONDORI, 2022).

Sin embargo, la preparación académica en estas carreras también habría sufrido la afectación provocada por la interrupción de la presencialidad y la aplicabilidad de un entorno virtual de aprendizaje inmediateista (UNESCO, 2020). Ante ello, es pertinente que las instituciones educativas focalicen el logro de las competencias determinadas en los planes de estudio; lo cual es bastante concreto si especificamos la evaluación como un proceso transversal y revelador del logro en dichos aprendizajes.

Al respecto, la UNESCO (2020) convocó a las instituciones formadoras a presentar experiencias educativas que impliquen la evaluación formativa. Y es que realizar ello, va a dar mejor soporte a la planificación, seguimiento y mejoramiento de las competencias planteadas en el desarrollo curricular de las distintas carreras.

En esta intención, las Analíticas de Aprendizaje (AA), surgen como una alternativa con muchas potencialidades para orientar la acción educativa en la formación STEAM, integrándose con procesos de evaluación que permitan evidenciar indicios de aprendizaje y orientar las decisiones metodológicas, pedagógicas y disciplinares del docente (MEDINA ZUTA; DERONCELE-ACOSTA, 2019).

Tal como se expresa en dos de los estudios más influyentes en esta área en *Scopus* (FERGUSON, 2012; SIEMENS, 2013), la analítica de aprendizaje (más conocido en la literatura científica por su significado en inglés: "*learning analytics*") es un área importante del aprendizaje mejorado por la tecnología, incidiendo en ello un conjunto de factores tecnológicos, educativos y políticos que han impulsado su desarrollo (FERGUSON, 2012). Al respecto autores destacan que se trata del surgimiento de una disciplina que ha llamado la atención de académicos, investigadores y administradores. Este interés está motivado por la necesidad de comprender mejor la enseñanza, el aprendizaje, el "contenido inteligente" y la personalización y adaptación (SIEMENS, 2013).

Sin embargo, un reciente abordaje, reconoce retos pendientes asociados a la implementación de la analítica de aprendizaje, con énfasis en lo relacionado al aprendizaje en entornos virtuales; refiere que actualmente "el panorama de plataformas y aplicaciones está fragmentado y hasta ahora no ha aprovechado el potencial de las analíticas de aprendizaje para apoyar el aprendizaje y la enseñanza" (ELMOAZEN; SAQR; KHALIL; WASSON, 2023, p. 23) lo cual convoca a repensar la gestión del aprendizaje colaborativo en línea (PALACIOS-NÚÑEZ; DERONCELE-ACOSTA, 2021) de modo que las analíticas de aprendizaje puedan constituirse en herramientas que promuevan el *e-learning* alineado al desarrollo del pensamiento crítico (DERONCELE-ACOSTA; NAGAMINE-MIYASHIRO; MEDINA-CORONADO; RIVERA-PORTUGAL; BERROA-GARATE; FLORES-LLERENA; HUARCA-FLORES, 2021).

Los tiempos de la pandemia han denotado niveles de adaptación y reconocimiento de los recursos accesibles en plataformas y aulas virtuales. Las AA están disponibles en la gran mayoría de estos medios y pueden ser utilizadas como fuente permanente de una evaluación formativa y constante; pero es necesario promover su reconocimiento e impulsar su uso desde la comprobación de sus efectos como soporte fundamental de la evaluación desde el enfoque formativo.

Existen estudios que a la fecha han demostrado el uso de este recurso en el espacio formativo y que se encuentran avalados por bases de datos científicas de importante reconocimiento (FERGUSON, 2012; SIEMENS, 2013; ELMOAZEN; SAQR; KHALIL; WASSON, 2023; FAN; MATCHA; UZIR; WANG; GAŠEVIĆ, 2021; AVILA; BALDIRIS; FABREGAT; GRAF, 2020; CORBU; EDELHAUSER, 2021; GRIMM; TEEGH; ÇOLAKOĞLU; KUBSCH; NEUMANN, 2023; GUBALOVA, 2022; JUSTIN; KRISHNAN; NAIR; SAMUEL, 2022; KARAKAYA; YILMAZ, 2022; LI; LAJOIE, 2022; LIN; ZHAN; ZHANG; XIONG, 2023).

Desde este razonamiento, la investigación planteada formula la siguiente interrogante: *¿Cuál es la orientación que ha tomado la evaluación formativa a través de AA en modalidad STEAM según estudios en fuentes de alto impacto durante la pandemia?*

En correspondencia con ello, el objetivo central propone: analizar la orientación de la evaluación formativa mediada por AA en la formación de profesionales STEAM durante los años 2020 y 2021, desde el reporte de fuentes de alto impacto como *Scopus* y *Web of Science* (WoS).

Sentido de la formación profesional STEAM

Frente a la actual erosión del contrato social básico, se necesitan fortalecer las oportunidades de desarrollo del ser humano y así fomentar su progreso. Es por esta razón que las instituciones formadoras deben dirigir su atención a la lectura de las necesidades contextuales y a la creación de un currículo que ofrezca perfiles de formación profesional en las que se demuestren capacidades creativas e innovadoras (HURTADO MAGÁN; MEDINA ZUTA, 2022; SANTILLÁN AGUIRRE; CADENA VACA; CADENA VACA, 2019).

Lo señalado tiene correspondencia con la meta 8 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, que plantea el logro de niveles elevados de productividad económica a través de la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación (UNESCO, 2014). Esto va a permitir consolidar el sentido que tiene la formación profesional STEAM en el medio educativo. La misma, debería ser proyectada desde las etapas iniciales, logrando con ello, la edificación de alianzas entre la escuela, la universidad, el sector productivo-laboral y el estado.

Definitivamente, el desarrollo sostenible que es meta actual de la política global, solo se podrá conseguir si se activan líneas de formación orientadas a capacidades en las que las personas demuestren criticidad, pensamiento sistémico, disposición al diálogo intercultural, construcción colaborativa, capacidad de autorregulación, entre las más relevantes (SANTILLÁN AGUIRRE; CADENA VACA; CADENA VACA, 2019).

Urge proyectar generaciones de profesionales en campos científicos interdisciplinarios como el de la salud, la industria y la tecnología. Aunque ciertamente, se trata de saber complementar la ciencia y el arte como un binomio fundamental en el carácter de competencias que integren saberes potenciales de

nivel cognitivo, pragmático y volitivo. Se utiliza en la educación superior a través del desarrollo de proyectos de aprendizaje que promueven espacios para un aprendizaje significativo, holístico y contextualizado en los estudiantes (HURTADO MAGÁN; MEDINA ZUTA, 2022; SANTILLÁN AGUIRRE; CADENA VACA; CADENA VACA, 2019).

El uso de las metodologías activas como STEAM mejora de forma significativa los resultados académicos, lo cual añade valor por encima del uso de clases magistrales, pues se aprende haciendo, desde la práctica pedagógica integral donde se trabaja en diferentes contenidos curriculares. El estudiante se convierte en un sujeto activo que construye con otros desde el análisis y perspectiva de las distintas disciplinas (HURTADO MAGÁN; MEDINA ZUTA, 2022).

La experiencia del modelo pedagógico STEAM puede contribuir a una mejor gestión del aprendizaje tanto de profesores como estudiantes en la medida en que se puedan contextualizar estas propuestas STEAM a las necesidades y potencialidades formativas de estos actores educativos (DERONCELE-ACOSTA; MEDINA ZUTA; GROSS-TUR, 2020), considerando las características socioculturales y económicas del contexto universitario, e impulsando la indagación y creatividad, así como la transferencia de aprendizajes mediados por las TIC a nuevos escenarios socioeducativos. Todo lo anterior encuentra un nexo importante en las analíticas de aprendizaje como soporte que puede contribuir a la contextualización formativa del STEAM toda vez que la evidencia científica demuestra la pertinencia de la vinculación STEAM con las AP (CHEN; YOSHIMATSU; GODA; OKUBO; TANIGUCHI; OI; KONOMI; SHIMADA; OGATA; YAMADA, 2019; RODRIGUEZ; RIVAS; YU, WARSCHAUER; PARK; SATO, 2019; OLNEY; WALKER; WOOD; CLARKE, 2021; GRIMM; TEEGH; ÇOLAKOĞLU; KUBSCH; NEUMANN, 2023), siendo la evaluación un núcleo central en la dinamización de este vínculo (MOLLO-FLORES; DERONCELE-ACOSTA, 2021).

La evaluación formativa a través de Analíticas de Aprendizaje (AA)

La evaluación formativa necesita asegurar procesos efectivos basados en evidencias y resultados. Por ello es importante que las instituciones educativas cuenten con herramientas capaces de producir información heterogénea que luego pueda ser examinada, consultada e integrada con el fin de detectar aspectos que necesiten ser reorientados en la dinámica de la enseñanza - aprendizaje (ÁLVAREZ-ARANA; VILLAMAÑE-GIRONÉS; LARRAÑAGA-OLAGARAY, 2020; CHOI; CHO, 2020).

Desde esta línea, las AA, constituyen sistemas integrales que ofrecen un soporte útil desde el entorno virtual. A través de su uso, el desarrollo de competencias puede comprobarse no sólo en valores numéricos, sino en información de tipo contextual (encuestas en línea, entrevistas, videos de clase, narrativas, discursos en redes sociales, entre otros) (LAWRENCE; BROWN; REDMOND; MALONEY; BASSON; GALLIGAN; TURNER, 2021; KELLEHER; KINNEAR; SALL; WEBER; DECOURSEY; NELSON; KLEIN; WARM; SCHUMACHER, 2021). Entonces, los sistemas computacionales de AP tienen capacidad para la detección y gestión de información audiovisual, que luego es procesada e integrada (CHOI; MCCLENEN, 2020). Esto permitirá realizar diagnósticos en las distintas etapas del proceso educativo.

Por otro lado, es importante reconocer que la evaluación no debe ser lineal, y por lo tanto la retroalimentación necesita ser reflexiva e inter-dialógica; lo que permitirá promover la autorregulación como un elemento esencial con base en la confianza establecida entre sujetos de intercambio (MARGOTTINI; ROSSI, 2020; SAQR; NOURI; VARTIAINEN; MALMBERG, 2020) y en la toma de conciencia de quien es retroalimentado (MEDINA ZUTA; MOLLO-FLORES, 2021).

Al respecto, investigaciones como las de Misiejuk, Wasson y Egelanddsdal (2021) aseguran que es pertinente promover en los estudiantes, prácticas de coevaluación o evaluación entre pares. Desde esta perspectiva las AA se configuran en su potencial de intercambio, basado en el saber dar y recibir información (SAQR; NOURI; VARTIAINEN; MALMBERG, 2020). La idea es que los estudiantes puedan clarificarse con relación a lo que necesitan mejorar para elevar su nivel de desempeño, incorporando su propia autoevaluación (GAFTANDZHIEVA; DONEVA; BLIZNAKOV, 2020).

Ahora bien, el escenario de evaluación para un futuro profesional STEAM requiere que haya una proyección del mundo real, en la cual el sujeto en formación pueda dinamizar prácticas estrechamente relacionadas con el flujo de desempeño que necesariamente incluye situaciones auténticas (KELLEHER; KINNEAR; SALL; WEBER; DECOURSEY; NELSON; KLEIN; WARM; SCHUMACHER, 2021; CHOI; CHO, 2020). Las AP ayudan a establecer relaciones entre el comportamiento del estudiante y sus desempeños académicos; pero es muy importante asegurar aspectos importantes como el modo de realización del curso, la elección de la tecnología y el diseño instruccional (CHEN; XU; GARRIDO; GUTHRIE, 2020).

Metodología

La metodología realizada implicó una revisión sistemática de la literatura sustentada en los lineamientos de la Declaración PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*), diseñada para encauzar los propósitos de la investigación exploratoria y de análisis documental. Para efectos de este estudio, se han tomado en cuenta las regularidades de este método en sus 4 procedimientos: identificación, selección, elegibilidad e inclusión (PAGE *et al.*, 2021).

De acuerdo al proceso de calidad para la revisión sistemática y el propósito que ha tenido el desarrollo investigativo, se da cumplimiento a los ítems: 1 (mención de la revisión sistemática en el título), 2 (síntesis a través de un resumen estructurado), 3 (justificación del estudio y estado del conocimiento), 4 (formulación de un objetivo que orienta el estudio), 6 (definición de criterios de elegibilidad), 7 (especificación de fuentes de información), 8 (aplicación de una estrategia de exploración en bases de datos especializadas), 9 (selección de los estudios y su correspondiente inclusión), 10 (aplicación de método para la extracción de datos evitando duplicidad), 11 (realización de un listado de datos), 16 (descripción del resultado y del proceso de búsqueda y selección y explicación de los criterios de inclusión), 17 (selección de investigaciones considerando criterios de inclusión), 18 (presentación de las limitaciones o sesgos del estudio) y 26 (formulación de conclusiones que dan respuesta al objetivo del estudio).

Las bases de datos seleccionadas por su grado de confianza y alto impacto fueron: *Scopus* y *Web of Science* (WoS) y el período de búsqueda y sistematización de las fuentes se desarrolló desde el 18 de agosto al 26 de noviembre de 2021. Así, el estudio parte de una pregunta de investigación que demanda un análisis y una síntesis cualitativa. Para este caso, se establecieron criterios de inclusión y exclusión que permitieron ir delimitando los documentos más pertinentes y el propósito de objetividad y replicabilidad.

En la fase de **identificación** se establecieron descriptores y campos de búsqueda, así como operadores booleanos, para conformar la ecuación de búsqueda en *Scopus* y *WoS*, como es apreciable en la Tabla 1.

Tabla 1 - Fase de identificación: descriptores y campos de búsqueda

Boléano	Término de búsqueda	Campo de búsqueda
---	"learning analytics"	Title, abstract y keywords
OR	"educational STEAM"	Title, abstract y keywords
AND	"evaluation"	Title, abstract y keywords

Fuente: Los autores (2022).

Con esta ecuación inicial fueron identificados 711 registros en Scopus y 1847 registros en WOS, a partir de allí se procedió a filtrar solo los años 2020 y 2021 correspondiente a la pandemia de la COVID-19: condición temporal en consonancia con el objetivo del estudio, quedando un total de 260 registros en Scopus y 735 registros en WOS, con lo cual finaliza la etapa inicial de **identificación**.

Posteriormente, tuvo lugar la fase de **selección**, procediendo a un **cribado** basado en la detección de documentos duplicados en ambas bases de datos; fueron identificados 86 registros duplicados que fueron excluidos de la selección para un total de 909 documentos únicos. Teniendo en cuenta que esta producción científica estaba disgregada en diferentes áreas e idiomas; se estableció un filtro seleccionando solo los idiomas: inglés y español, así como la categoría: "Social Science", quedando excluidos 791 registros y resultando un total de 118 documentos.

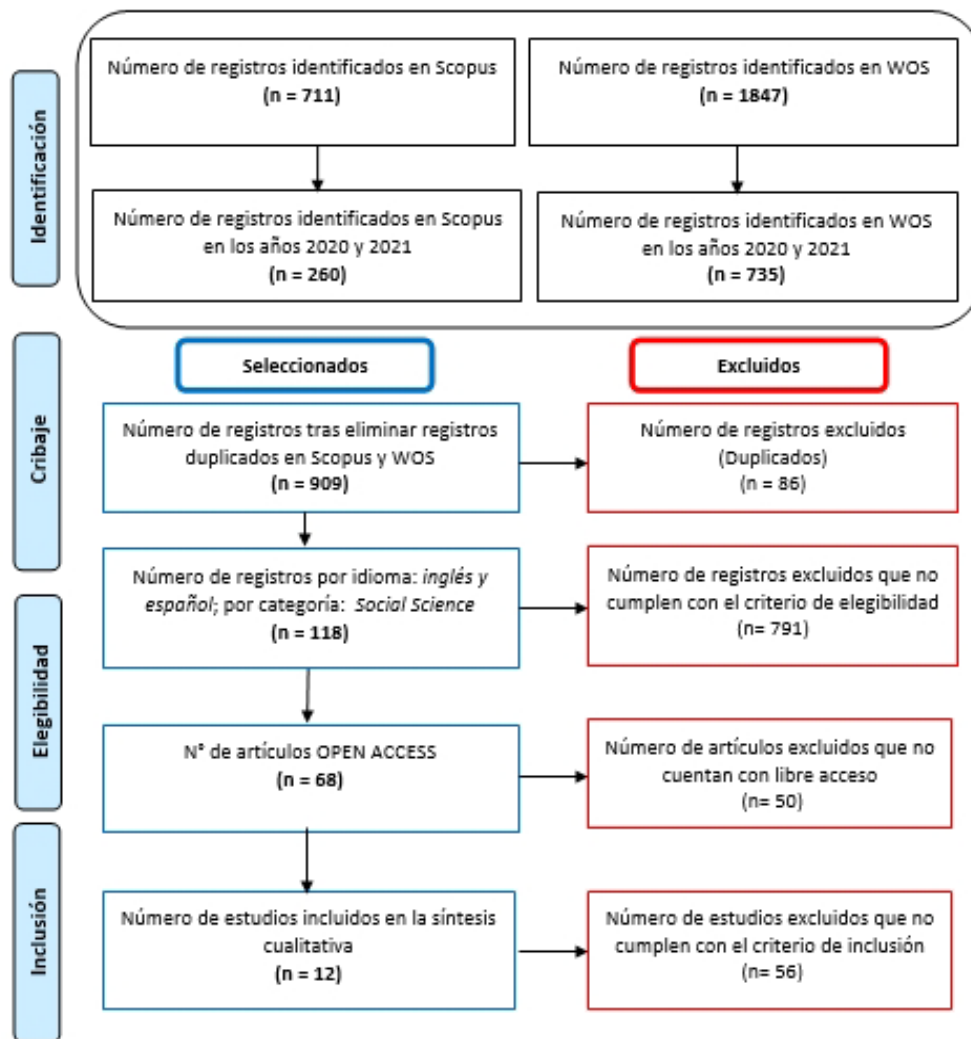
Ya en la fase de **elegibilidad**, se estableció el filtro "OPEN ACCESS", quedaban excluidos 50 registros, lo cual arrojó una cifra de 68 documentos disponibles a texto completo, esta vez se procedió a una exportación en formato csv (Excel) para la revisión íntegra de todos los resúmenes.

Finalmente, la fase de **inclusión** fue determinada a partir de la verificación rigurosa de los 68 resúmenes con el objetivo de verificar como principal criterio de inclusión: **evidencias de evaluación formativa mediadas por analíticas de aprendizaje en un contexto educativo STEAM**, siendo incluidos finalmente 12 estudios que cumplieran con este criterio, y procediéndose a la lectura y sistematización del contenido de estos artículos para la síntesis cualitativa.

Resultados y discusión

Los resultados se han organizado en base a la secuencia de fases del método PRISMA que se comprueban en la Figura 1.

Figura 1 - Diagrama de flujo PRISMA



Fuente: Los autores (2022, considerando los aportes de PAGE *et al.*, 2021).

Retomando lo mencionado anteriormente se precisa que, de los 12 artículos incluidos en la síntesis cualitativa, 8 corresponden a *Scopus* (6 del año 2020 y 2 del año 2021) y 4 corresponden a la *Web of Science* (2 del 2020 y 2 del 2021), los detalles de los artículos seleccionados y síntesis de resultados se pueden evidenciar en la tabla 2.

Tabla 2 - Lista de documentos incluidos en la síntesis cualitativa

N°	Título	Autor / año	Base de datos	Evidencias de EF mediadas por analíticas de aprendizaje	
				Categorías identificadas	Síntesis de la aplicabilidad
1	<i>Improving assessment using visual learning analytics</i>	ÁLVAREZ-ARANAA; VILLAMAÑE-GIRONÉS; LARRAÑAGA-OLAGARAY (2020).	Scopus	Evaluación Retroalimentación Analítica visual del aprendizaje Aprendizaje combinado	La herramienta COBLE utiliza técnicas de analítica visual que favorece la retroalimentación basada en evidencias.
2	<i>Using learning analytics to understand student perceptions of peer feedback</i>	MISIEJUK; WASSON; EGELANDSDA (2020).	Scopus	Retroalimentación entre pares Analítica del aprendizaje Rúbricas de evaluación.	El uso de las analíticas de aprendizaje potencia el proceso de dar/recibir retroalimentación entre pares utilizando rúbricas.
3	<i>Development of adaptive formative assessment system using computerized adaptive testing and dynamic bayesian networks</i>	CHOI; MCCLENEN (2020).	Scopus	Evaluación formativa adaptativa Diagnóstico del aprendizaje Sistema de gestión del aprendizaje Inteligencia artificial Análisis del aprendizaje	Las pruebas adaptativas informatizadas mediante inteligencia artificial contribuyen al diagnóstico y son un recurso eficiente para un servicio de aprendizaje personalizado y remoto.

Continua

N°	Título	Autor / año	Base de datos	Evidencias de EF mediadas por analíticas de aprendizaje	
				Categorías identificadas	Síntesis de la aplicabilidad
4	<i>Learning analytics using social network analysis and Bayesian network analysis in sustainable computer-based formative assessment system</i>	CHOI; CHO (2020).	Scopus	Evaluación formativa Analíticas de aprendizaje Análisis de redes sociales Psicométrica computacional	El sistema de evaluación formativa SCE consiste en simulaciones de desempeño profesional en escenarios del mundo real que favorece la retroalimentación a través de evidencia y extracción de datos en redes sociales (red bayesiana).
5	<i>Self-regulation processes and feedback in online learning</i>	MARGOTTINI; ROSSI (2020).	Scopus	Aprendizaje autorregulado Educación a distancia	Los materiales educativos interactivos favorecen el aprendizaje autorregulado que es de vital importancia para la educación a distancia.
6	<i>Does course specific nudging enhance student engagement, experience and success? A data-driven longitudinal tale</i>	LAWRENCE; BROWN; REDMOND; MALONEY; BASSON; GALLIGAN; TURNER (2021).	Scopus	Análisis de aprendizaje Aprendizaje en línea Autoconciencia Autorregulación	Los datos de análisis de aprendizaje del curso (CLAD), combinados con iniciativas de impulso, contribuyen a la autoconciencia y regulación del aprendizaje desde los recursos críticos.

Continua

N°	Título	Autor / año	Base de datos	Evidencias de EF mediadas por analíticas de aprendizaje	
				Categorías identificadas	Síntesis de la aplicabilidad
7	<i>Learning Analytics to Reveal Links Between Learning Design and Self-Regulated Learning</i>	FAN; MATCHA; AHMAD UZIR; WANG; GAŠEVIĆ (2021).	Scopus	Análisis de aprendizaje Aprendizaje autorregulado	El análisis de uso de tácticas de aprendizaje son un recurso instruccional de las MOOC que favorecen los procesos de autorregulación.
8	<i>Internal and external QA in HE: LA tools and self-evaluation report preparation</i>	GAFTANDZHIEVA; DONEVA; BLIZNAKOV (2020).	Scopus	Autoevaluación Análisis de aprendizaje Análisis inteligente de datos	El modelo <i>learning analytics</i> permite la efectividad de los procesos de seguimiento y de autoevaluación.
9	<i>Design and usability testing of an in-house developed performance feedback tool for medical students</i>	ROA; TAME; HOLZHAUSEN; PETZOLD; WYSZYNSKI; PETERS; ALHASSAN-ALTOAAMA; DOMANSKA; DITMAR (2021).	Web of Science	Retroalimentación Evaluación formativa y sumativa Análisis de aprendizaje	La herramienta de retroalimentación integrada y digitalizada <i>LevelUp</i> permite el seguimiento del progreso en el aprendizaje y la reflexión sobre las habilidades de los estudiantes.

Continúa

Conclusão

N°	Título	Autor / año	Base de datos	Evidencias de EF mediadas por analíticas de aprendizaje	
				Categorías identificadas	Síntesis de la aplicabilidad
10	<i>Relationship between students' online learning behavior and course performance: What contextual information matters?</i>	CHEN; XU; GARRIDO; GUTHRIE (2020).	Web of Science	Comportamiento de aprendizaje en línea.	La información contextual es un método efectivo para mejorar la calidad de los análisis de aprendizaje y brindar recomendaciones más precisas y procesables para los instructores.
11	<i>Warnings in early narrative assessment that might predict performance in residency: signal from an internal medicine residency program</i>	KELLEHER; KINNEAR; SALL; WEBER; DECOURSE; NELSON; SCHUMACHER (2021).	Web of Science	Evaluación narrativa Retroalimentación Datos narrativos	Los comentarios narrativos disponibles en el sistema, favorecen el diagnóstico y el reconocimiento temprano para la toma de decisiones en la asignación de recursos y en el apoyo orientado al cumplimiento de objetivos formativos.
12	<i>What makes an online problem-based group successful? A learning analytics study using social network analysis</i>	SAQR; NOURI; VARTIAINEN; MALMBERG (2020).	Web of Science	Retroalimentación Analítica de datos Análisis de aprendizaje Problemas en línea	Las analíticas de aprendizaje son utilizadas como recurso que favorece el monitoreo en línea y permite la identificación de datos cuantitativos para predecir como potenciar la co-regulación entre los estudiantes en grupos de trabajo.

Fuente: Los autores (2023).

La formación del profesional STEAM implica lograr el desarrollo de personas competentes por su capacidad creativa e innovadora (HURTADO MAGÁN; MEDINA ZUTA, 2022; SANTILLÁN AGUIRRE; CADENA VACA; CADENA VACA, 2019). Ello supone

un cambio drástico de los paradigmas educativos, habitualmente centrados en la replicabilidad de conceptos y en la asimilación de contenidos.

Para Yakman y Lee (2012), la ciencia y la tecnología pueden ser interpretada a través de las artes, que a su vez requieren capacidades para el trabajo en colaboración (SANTILLÁN AGUIRRE; CADENA VACA; CADENA VACA, 2019) y el desarrollo de proyectos (YAKMAN; LEE, 2012). Sin embargo, es importante determinar hasta qué punto, los planes formativos están consiguiendo estos resultados.

La evaluación se determina entonces, como un proceso que necesita ser transversalizado en la dinámica de la enseñanza y aprendizaje (MEDINA ZUTA; MOLLO-FLORES, 2021). Más aún en medio de una coyuntura que pone a prueba el rol del formador como facilitador (MEDINA ZUTA; DERONCELE-ACOSTA, 2019) y como estrategia en el uso de los recursos digitales disponibles en las plataformas y aulas virtuales.

La problemática se agudiza si el docente no entiende el sentido de una evaluación con enfoque formativo (MISIEJUK; WASSON; EGELANDSDAL, 2021; MEDINA ZUTA; DERONCELE-ACOSTA, 2019), en la cual los datos no deben ser limitados a una información numérica o de carácter sumativo (LAWRENCE; BROWN; REDMOND; MALONEY; BASSON; GALLIGAN; TURNER, 2021; KELLEHER; KINNEAR; SALL; WEBER; DECOURSEY; NELSON; KLEIN; WARM; SCHUMACHER, 2021).

Es aquí donde se puede comprobar la disposición de las AP como un recurso que ofrece información contextual para identificar comportamientos, conductas, disposiciones y demandas del aprendizaje del estudiante (ÁLVAREZ-ARANA, VILLAMAÑE-GIRONÉS; LARRAÑAGA-OLAGARAY, 2020; CHOI; CHO, 2020).

Se puede apreciar que la formación del profesional STEAM ha enmarcado un quehacer pedagógico, en el cual la información es útil tanto al docente como al estudiante (HURTADO MAGÁN; MEDINA ZUTA, 2022). Al primero, porque le permite reconocer los distintos momentos de la secuencia en el aprendizaje y reencauzar sus acciones en función de la situación real de los estudiantes (MEDINA ZUTA; DERONCELE-ACOSTA, 2019). Es decir, le aporta en la toma de decisiones respecto a su metodología y a las formas de utilización de los recursos e instrumentos pedagógicos (ÁLVAREZ-ARANA, VILLAMAÑE-GIRONÉS; LARRAÑAGA-OLAGARAY, 2020; CHOI; CHO, 2020).

Por el lado del estudiante, es claro que, si la evaluación es formativa, significa que él podrá tomar conciencia de su situación al inicio, durante y al final del proceso

de aprendizaje (MEDINA ZUTA; MOLLO-FLORES, 2021). Se ha identificado que hay una importante acentuación de las AP como formas de retroalimentación que permiten al estudiante la toma de conciencia y la disposición a la autorregulación (MARGOTTINI; ROSSI, 2020; SAQR; NOURI; VARTIAINEN; MALMBERG, 2020).

La retroalimentación se configura en procesos de reflexión y de confianza porque las AA pueden revelar información que pone en evidencia estados de ánimo y disposición del estudiante hacia el aprendizaje (KELLEHER; KINNEAR; SALL; WEBER; DECOURSEY; NELSON; KLEIN; WARM; SCHUMACHER, 2021); lo que garantizará su disposición a la mejora.

El desarrollo y fortalecimiento del aprendizaje de las ciencias es definitivo cuando se comprueba una correspondencia entre el comportamiento del estudiante y su desempeño académico (GAFTANDZHIEVA; DONEVA; BLIZNAKOV, 2020). Las AA han permitido diagnósticos que tienen su base en procesos de intercambio como la evaluación entre pares (MISIEJUK; WASSON; EGELANDSDAL, 2021; SAQR; NOURI; VARTIAINEN; MALMBERG, 2020). Esta sería una forma pertinente de la metodología STEAM que busca el trabajo en colaboración y el desarrollo de proyectos interdisciplinarios (HURTADO MAGÁN; MEDINA ZUTA, 2022; YAKMAN; LEE, 2012).

Complementariamente, es destacable que las redes sociales pueden ser una importante oportunidad para generar procesos de monitoreo y seguimiento por parte de los formadores, ya que les permite estar al tanto de cómo los estudiantes se disponen al aprendizaje e intercambian impresiones sobre ello (LAWRENCE; BROWN; REDMOND; MALONEY; BASSON; GALLIGAN; TURNER, 2021). Las narrativas han sido una fuente que brindó información detectable a través de las AP (KELLEHER; KINNEAR; SALL; WEBER; DECOURSEY; NELSON; KLEIN; WARM; SCHUMACHER, 2021) y permitió establecer las demandas y situación de los estudiantes sobre su aprendizaje en los cursos.

Relacionado con la orientación que ha tomado la evaluación a través de analíticas de aprendizaje en modalidad STEAM según los últimos estudios en fuentes de alto impacto durante la pandemia, estudios recientes destacan la necesidad de una retroalimentación formativa que integre las formas de evaluación (autoevaluación, heteroevaluación y coevaluación) con las formas de retroalimentación (*feed up, feed back, feed forward*) con lo cual se logra una gestión estratégica reflexiva y praxiológica de la evaluación que impacta positivamente en

que el propio estudiante pueda reflexionar sobre su propio aprendizaje, los mecanismos de cómo aprende y las condiciones bajo las que ocurre el aprendizaje, permitiendo así la meta-regulación de su aprendizaje y el aprendizaje basado en decisiones (MOLLO-FLORES; DERONCELE-ACOSTA, 2021, 2022; PLUMMER; TAEGER; BURTON, 2020; PLUMMER; KEBRITCHI; LEARY; HALVERSON, 2022), alineado a esto un estudio reciente (LIN; ZHAN; ZHANG; XIONG, 2023) encontró con la aplicación de un sistema de analíticas de aprendizaje que los estudiantes que participaron de esta experiencia tuvieron mejores resultados respecto a la motivación y el logro del aprendizaje que los estudiantes que participaron de una enseñanza tradicional. Los hallazgos validan la efectividad del uso de este sistema de analíticas de aprendizaje.

Por su parte, Karakaya y Yilmaz (2022) demostraron que las escuelas deben brindar a los maestros capacitación en servicio sobre evaluación y métodos de evaluación en la educación STEM. De tal manera, que estos profesionales sepan orientar la enseñanza y el aprendizaje en los campos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en todos los grados y entornos (MARTÍN; SANTAOLALLA, 2020); lo cual difiere de una educación STEAM que más bien busca incluir el arte en la enseñanza y las ciencias en los aprendizajes (SANTILLÁN AGUIRRE; CADENA VACA; CADENA VACA, 2019). A esto se suma la importancia de desarrollar docentes líderes transformadores (VARGAS-PINEDO; MOLLO-FLORES; ALEMÁN-SARAVIA; DERONCELE-ACOSTA, 2022) con competencias de *Learning Analytics* para cometer menos errores y superar los desafíos que enfrentan al evaluar.

Al respecto otro estudio reciente tuvo como objetivo realizar una investigación experimental para detectar anomalías en los métodos de evaluación, considerando que éstas anomalías pueden conducir a un resultado educativo defectuoso; esto autores despliegan un proceso para detectar anomalías de la evaluación desde un enfoque basado en *Learning Analytics* (VAIDYA; SHARMA, 2023), esto reviste especial importancia para el logro de una evaluación efectiva, especialmente a partir de las profundización en las tres categorías establecidas: 1.- una anomalía en la evaluación de criterios, 2.- una anomalía en el tema y 3.- una anomalía en la asignación de calificaciones de tema.

El campo de *Learning Analytics* busca analizar datos sobre las interacciones de los estudiantes, y se ha aplicado en el desarrollo de herramientas para apoyar los procesos de aprendizaje y enseñanza. Reconocen que la mayor parte de la investigación sobre las soluciones de *Learning Analytics* se lleva a cabo para ayudar

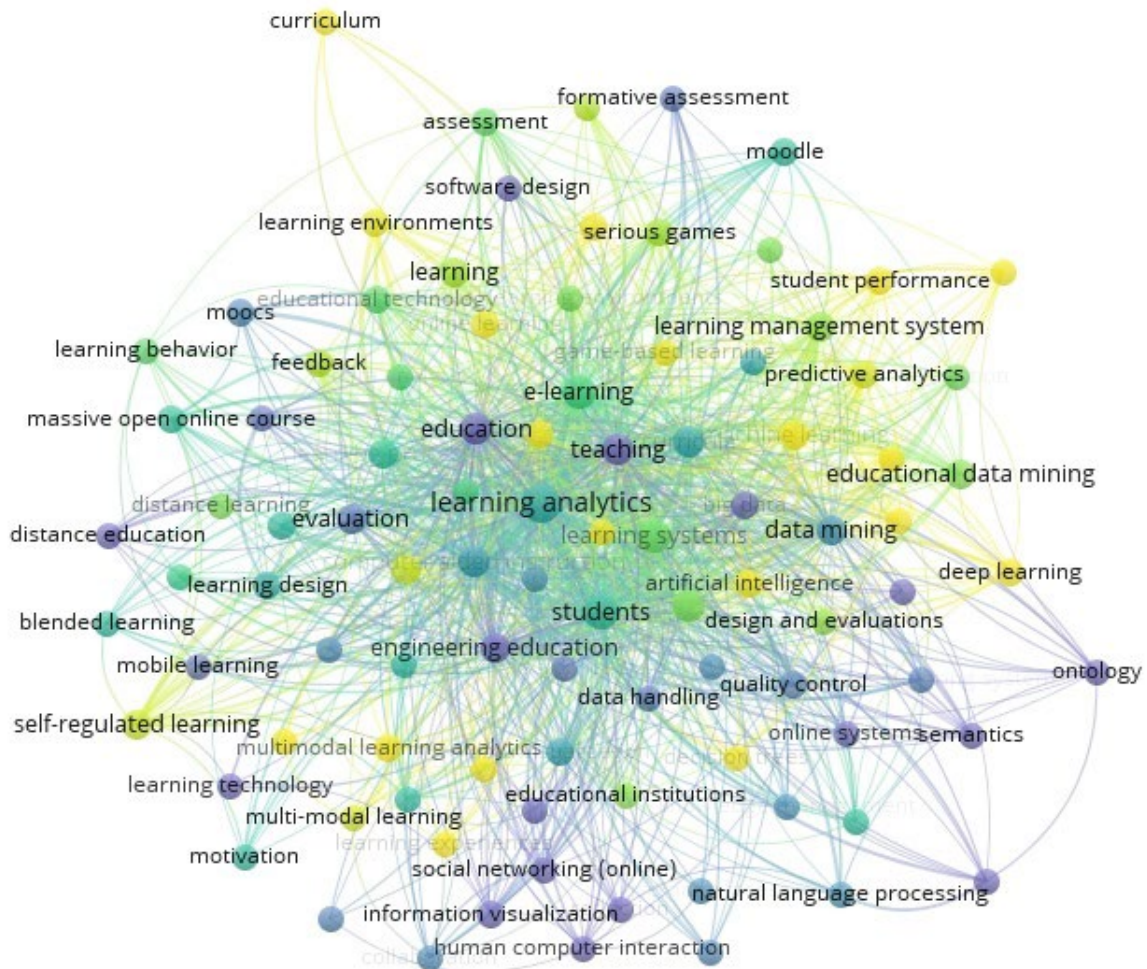
a los profesores a analizar los datos de comportamiento de los estudiantes recopilados mientras interactúan con entornos de aprendizaje virtual; sin embargo, estos autores profundizan en la herramienta de analítica de aprendizaje para apoyar a los docentes en la creación y evaluación de recursos educativos abiertos accesibles y de calidad (AVILA; BALDIRIS; FABREGAT; GRAF, 2020).

Un interesante estudio enfatizó en la evaluación de la enseñanza en línea en el período Covid-19 utilizando *Learning Analytics* (GUBALOVA, 2022). Los resultados mostraron que la evaluación antes de la pandemia del Covid-19 y después de esta ya no será la misma porque la educación a distancia provocó cambios en la educación presencial que se extienden al período post pandemia, lo cual requiere repensar las formas y mecanismos de evaluación en la educación actual; del mismo modo se reconocen las potencialidades del *Learning Analytics* tanto para la evaluación del desempeño de los alumnos (JUSTIN; KRISHNAN; NAIR; SAMUEL, 2022) como para la evaluación de la enseñanza (CORBU; EDELHAUSER, 2021), en la misma medida que se va estableciendo un posicionamiento del *Learning Analytics* en el contexto de las identidades STEM (GRIMM; TEEGH; ÇOLAKOĞLU; KUBSCH; NEUMANN, 2023) lo cual amerita comprender el papel de la Inteligencia artificial y las técnicas de *Learning Analytics* para abordar las dificultades de las tareas en la educación STEM (NAWAZ; ALGHAMDI; SRIVASTAVA; LODGE; CORRIN, 2022).

De esta manera, focalizar la mediación de las AA en la implementación de la evaluación formativa, permite aprovechar las tecnologías educativas. Así, es posible crear oportunidades para favorecer el potencial de capacidades trascendentales como el pensamiento crítico (toma de decisiones, resolución de problemas y razonamiento lógico), la transferencia contextualizada del conocimiento a situaciones diversas, el aprendizaje meta-regulado y el aprendizaje basado en decisiones, entre las más importantes; pero sin dejar de lado, aquellas vinculadas con la dimensión axiológica y ética del aprendizaje y el saber ser y convivir.

Como complemento del análisis anterior y en base a la ecuación de búsqueda utilizada, se procedió a realizar un análisis de co-concurrencia de términos a través del software VOSviewer - versión 1.6.18 - (ver figura 2).

Figura 2 - Red de términos asociados a la evaluación formativa mediada por AA en un contexto educativo STEAM



Fuente: Los autores (2023).

Este análisis permitió la revelación de 7 clúster con diferentes ítems que se concretan en términos asociados a la evaluación formativa mediada por AA en un contexto educativo STEAM y que abren una ventana para futuras investigaciones, a la vez que dan una perspectiva más amplia y holística en el abordaje de estos procesos. Entre los elementos asociados se encuentran: retroalimentación, inteligencia artificial, minería de datos, análisis de datos, tutoría inteligente, *e-learning*, *b-learning*, aprendizaje a distancia, aprendizaje adaptativo, entornos virtuales, tecnologías del aprendizaje, aprendizaje autorregulado, toma de decisiones, resolución de problemas, resultados de evaluación, colaboración, motivación, reflexión, rendimiento del estudiante, entre otros; esto pudiera ampliarse o complementarse en futuros estudios si se pueden incluir otras bases de datos científicas, siendo esto uno de los principales sesgos o limitaciones del estudio, pues si

bien Scopus y WOS son dos de las principales bases científicas a nivel mundial, existen otras bases que pueden tener información relevante sobre la temática.

Si bien la red ofrece un amplio panorama de diversidad de temáticas relacionadas con el presente estudio, un análisis más detallado de los diferentes clústeres de esta red de co-concurrencia, permitió revelar los términos que tienen una fuerte asociación con la evaluación; los mismos se establecen como categorías de análisis de un mayor peso frente a otros temas, permitiendo delimitar un foco conceptual y metodológico más preciso para el abordaje de la evaluación formativa mediada por AA en un contexto educativo STEAM.

Al respecto, la evaluación se evidenció como categoría central en el clúster 2, y los 10 términos que están fuertemente asociados a este proceso, en orden de prevalencia son: 1.- enseñanza asistida por computadora, 2.- *e-learning*, 3.- retroalimentación, 4.- aprendizaje basado en juegos (ABJ), 5.- actividades de aprendizaje, 6.- analíticas de aprendizaje, 7.- diseño del aprendizaje, 8.- aprendizaje en línea, 9.- andamiaje, y 10.- entornos virtuales de aprendizaje. Esto permite connotar tres núcleos dinamizadores de la evaluación formativa, a saber:

Núcleo 1. *Mediación pedagógica interactiva:* que está conformado por los procesos de retroalimentación y andamiaje; da cuenta de cómo la evaluación debe ser un proceso dialógico interactivo de apoyo; de soporte experiencial, motivacional y didáctico del docente en el logro de nuevos aprendizajes de los estudiantes. Se abre esta mirada a una evaluación del proceso, una evaluación que trascienda el clima de tareas y metas, hacia un clima de apoyo e innovación; una evaluación más asertiva, cercana y directa.

Núcleo 2. *Gestión creativa de aprendizajes:* Este núcleo está conformado por el aprendizaje basado en juegos (ABJ), las actividades de aprendizaje, las analíticas de aprendizaje y el diseño del aprendizaje; está convocando a procesos creativos e innovadores de evaluación. Este núcleo ofrece un salto a los paradigmas tradicionales de evaluación y se establece desde una dinámica más lúdica, participativa, y horizontal.

Núcleo 3. *Comprensión del contexto formativo TIC:* Este núcleo está conformado por la enseñanza asistida por computadora, *e-learning*, aprendizaje en línea y entornos virtuales de aprendizaje. Ello sugiere la importancia de repensar la evaluación en línea, una evaluación con enfoque en tecnologías educativas; ello requiere a su vez un acople entre la acción docente y la condición del contexto

formativo; desde un replantear la cultura evaluativa de las aulas tradicionales, para no correr el riesgo de aplicar métodos evaluativos tradicionales del espacio físico cuando las aulas virtuales e híbridas, necesitan nuevas formas de evaluar.

En resumen, la transformación digital en el mundo educativo requiere “promover una innovación tecnológica que comprende el uso de herramientas de evaluación en línea” (DERONCELE-ACOSTA; PALACIOS-NÚÑEZ; TORIBI -LÓPEZ, 2023, p. 6), toda vez que se ha demostrado la importancia estas herramientas para la evaluación y retroalimentación formativas (UMA RAO; PREMA; SUBRAMANYA, 2020), sin embargo, ello demanda incluir en la formación del profesorado aspectos de evaluación formativa, habilidades comunicativas y TIC, de manera integrada (ROMERO-MARTÍN; CASTEJÓN-OLIVA; LÓPEZ-PASTOR; FRAILE-ARANDA, 2017), para poder lograr una evaluación formativa más dialógica y reflexiva (LEHESVUORI; KETONEN; HÄHKIÖNIEMI, 2022) más participativa y cogenerativa (HSU; LIAO, 2022), por lo que el docente para evaluar tendrá el reto de dominar aspectos tecnológicos, pedagógicos, y disciplinares -TPACK- (ALEMÁN-SARAVIA; DERONCELE-ACOSTA, 2021), como base para el logro de una evaluación contextualizada y pertinente que permita la gestión de aprendizajes relevantes (PALACIOS-NÚÑEZ; TORIBIO LÓPEZ; DERONCELE-ACOSTA, 2021).

Conclusiones

Los estudios revelan que las analíticas de aprendizaje constituyen herramientas de mediación para llevar a cabo una evaluación formativa de los aprendizajes en el contexto educacional STEAM. Se advierte la presencia de experiencias formativas en línea, en las cuales la inteligencia artificial constituye un soporte para lograr procesos evaluativos que destacan aspectos como la retroalimentación, la disposición de los sujetos en formación a la autoevaluación y a la evaluación entre pares, el aprendizaje autorregulado, entre otros que implican la mejora y el avance en el aprendizaje y en la adquisición de competencias.

Con la inteligencia artificial que provee las AA, se pueden obtener en segundos, respuestas relacionadas con propiedades, cualidades y contenidos que permiten una evaluación formativa, más orientada al desarrollo de competencias y predispuesta a un cambio de paradigma frente a modelos tradicionalistas que fueron configurando la actual cultura evaluativa. De este modo, se posibilita hacer frente a un reto de evaluación formativa en la cual la retroalimentación se destaca como un

aspecto de mayor presencia. La EF no se implementa desde un plano sumativo, sino que centraliza la información contextual obtenida a través de las AA para lograr orientaciones diagnósticas que permitan tomar decisiones antes, durante y después del proceso de enseñanza-aprendizaje.

La síntesis cualitativa de los documentos sistematizados permitió revelar códigos emergentes de análisis que pueden ser retomados en investigaciones e intervenciones educativas futuras; a su vez se realizó una contrastación de esta síntesis cualitativa con un análisis bibliométrico de co-concurrencia de términos, de modo que se vislumbran como aspectos importantes que se establecen como elementos clave de una evaluación formativa mediada por AA en la educación STEAM, en primer lugar la retroalimentación, que trae aparejado la retroalimentación entre pares, el aprendizaje colaborativo online, y por otro lado las potencialidades de la inteligencia artificial en la analítica visual del aprendizaje, aprendizaje combinado, análisis de redes sociales, análisis inteligente de datos, incluyendo la co-regulación entre los estudiantes en grupos de trabajo en línea aparejado a su autoconciencia y autorregulación.

Se revela que la evaluación formativa mediada por AA en la educación STEAM debe ser una evaluación cada vez más narrativa, procesual, empleando rúbricas de evaluación adaptativas, que no sean rígidas y siendo un proceso evaluativo desde el diagnóstico del aprendizaje hasta los logros de aprendizaje y mejora continua del estudiante. Este sistema de gestión del aprendizaje deberá considerar la potenciación de elementos del pensamiento crítico como la resolución de problemas y la toma de decisiones, desde un entorno de aprendizaje de colaboración, motivación y reflexión.

Un análisis más detallado de los diferentes clústeres de la red de co-concurrencia, permitió revelar los términos que tienen una fuerte asociación con la evaluación: 1.- enseñanza asistida por computadora, 2.- *e-learning*, 3.- retroalimentación, 4.- aprendizaje basado en juegos (ABJ), 5.- actividades de aprendizaje, 6.- analíticas de aprendizaje, 7.- diseño del aprendizaje, 8.- aprendizaje en línea, 9.- andamiaje, y 10.- entornos virtuales de aprendizaje, los cuales permitieron delinear tres núcleos dinamizadores de la evaluación formativa mediada por AA en un contexto educativo STEAM; estos núcleos son: la mediación pedagógica interactiva, la gestión creativa de aprendizajes y la comprensión del contexto formativo TIC.

Referencias

ALEMÁN-SARAVIA, A. C.; DERONCELE-ACOSTA, A. Technology, pedagogy and content (TPACK framework): systematic literature review. *In: LATIN AMERICAN CONFERENCE ON LEARNING TECHNOLOGIES*, 16., 2021, Arequipa, Peru. *Anais [...]*. Arequipa, Peru: IEEE, 2021. p. 104-111. DOI: <https://doi.org/10.1109/LACLO54177.2021.00069>. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9725226/metrics#metrics>. Acceso en: 6 mar. 2022.

ÁLVAREZ-ARANA, A.; VILLAMAÑE-GIRONÉS, M.; LARRAÑAGA-OLAGARAY, M. Mejora de los procesos de evaluación mediante analítica visual del aprendizaje. *Education in the Knowledge Society*, Salamanca, v. 21, p. 1-9, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14201/eks.22914>. Disponible en: <https://revistas.usal.es/index.php/eks/article/view/eks20202109/22114>. Acceso en: 6 mar. 2022.

AVILA, C.; BALDIRIS, S.; FABREGAT, R.; GRAF, S. Evaluation of a learning analytics tool for supporting teachers in the creation and evaluation of accessible and quality open educational resources. *British Journal of Educational Technology*, London, v. 51, n. 4, p. 1019-1038, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/bjet.12940>. Disponible en: <https://bera-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/bjet.12940>. Acceso en: 4 feb. 2022.

CHEN, L.; YOSHIMATSU, N.; GODA, Y.; OKUBO, F.; TANIGUCHI, Y.; OI, M.; KONOMU, S.; SHIMADA, A.; OGATA, H.; YAMADA, M. Direction of collaborative problem solving-based STEM learning by learning analytics approach. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, [S. l.], v. 14, n. 24, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41039-019-0119-y>. Disponible en: <https://telrp.springeropen.com/articles/10.1186/s41039-019-0119-y>. Acceso en: 13 ene. 2022.

CHEN, Z.; XU, M.; GARRIDO, G.; GUTHRIE, M. W. Relationship between students' online learning behavior and course performance: What contextual information matters? *Physical Review Physics Education Research*, [S. l.], v. 16, n. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010138>. Disponible en: <https://journals.aps.org/prper/abstract/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010138>. Acceso en: 16 mar. 2022.

CHOI, Y.; CHO, Y. II. Learning analytics using social network analysis and bayesian network analysis in sustainable computer-based formative assessment system. *Sustainability*, [S. l.], v. 12, n. 19, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12197950>. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/19/7950>. Acceso en: 6 mar. 2022.

CHOI, Y.; MCCLENEN, C. Development of adaptive formative assessment system using computerized adaptive testing and dynamic bayesian networks. *Sustainability*, [S. l.], v. 10, n. 22, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10228196>. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/22/8196>. Acceso en: 10 mar. 2022.

CORBU, E. C.; EDELHAUSER, E. Responsive dashboard as a component of learning analytics system for evaluation in emergency remote teaching situations. *Sensors*, Basel, v. 21, n. 23, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21237998>. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/23/7998>. Acceso en: 4 feb. 2022.

DERONCELE-ACOSTA, A.; MEDINA ZUTA, P.; GROSS-TUR, R. Gestión de potencialidades formativas en la persona: reflexión epistémica y pautas metodológicas. *Universidad y Sociedad*, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 97-104, 2020. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2218-36202020000100097. Acceso en: 9 feb. 2022.

DERONCELE-ACOSTA, A.; NAGAMINE-MIYASHIRO, M.; MEDINA-CORONADO, D.; RIVERA-PORTUGAL, A. M.; BERROA-GARATE, H. C.; FLORES-LLERENE, D. Y.; HUARCA-FLORES, P. E-learning for the development of critical thinking: a systematic literature review. In: LATIN AMERICAN CONFERENCE ON LEARNING TECHNOLOGIES, 16., 2021, Arequipa, Peru. *Anais [...]*. Arequipa, Peru: IEEE, 2021. p. 173-180. DOI: <https://doi.org/10.1109/LACLO54177.2021.00072>. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9725189>. Acceso en: 29 ene. 2022.

DERONCELE-ACOSTA, A.; PALACIOS-NÚÑEZ, M. L.; TORIBIO LÓPEZ, A. Digital transformation and technological innovation on higher education post-COVID-19. *Sustainability*, [S. l.], v. 15, n. 3, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15032466>. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/3/2466>. Acceso en: 19 jul. 2023.

ELMOAZEN, R.; SAQR, M.; KHALIL, M.; WASSON, B. Learning analytics in virtual laboratories: a systematic literature review of empirical research. *Smart Learning Environments*, [S. l.], v. 10, n. 23, p. 1-20, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00244-y>. Disponible en: <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-023-00244-y>. Acceso en: 7 jul. 2023.

FAN, Y.; MATCHA, W; UZIR, N. A.; WANG, Q.; GASEVIC, D. Learning analytics to reveal links between learning design and self-regulated learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, [S. l.], v. 31, p. 980-1021, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00249-z>. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40593-021-00249-z>. Acceso en: 15 mar. 2022.

FERGUSON, R. Learning analytics: drivers, developments and challenges. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, Cointrin, Geneva, v. 4, n. 5-6, p. 304-317, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2012.051816>. Disponible en: <https://oro.open.ac.uk/36374/>. Acceso en: 15 feb. 2022.

GAFTANDZHIEVA, S.; DONEVA, R.; BLIZNAKOV, B. Internal and external QA in HE: la tools and self-evaluation report preparation. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, Viena, v. 15, n. 16, p. 191-199, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i16.14401>. Disponible en: <https://online-journals.org/index.php/i-jet/article/view/14401>. Acceso en: 24 feb. 2022.

GRIMM, A.; STEEGH, A.; COLAKOGLU, J.; KUBSCH, M.; NEUMANN, K. Positioning responsible learning analytics in the context of STEM identities of under-served students. *Frontiers in Education*, [Lausanne], v. 7, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.1082748>. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feduc.2022.1082748/full>. Acceso en: 6 jul. 2023.

GUBALOVA, J. Evaluation of online teaching in the covid period using learning analytics. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Cleckheaton, v. 13, n. 11, p. 120-128, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0131113>. Disponible en: <https://thesai.org/Publications/ViewPaper?Volume=13&Issue=11&Code=IJACSA&SerialNo=13>. Acceso en: 14 feb. 2022.

HSU, P.-L.; LIAO, Y.-Y. Beyond measure: using cogenerative dialogues as a formative assessment to improve PBL science internships. *International Journal of Science Education, Part B: Communication and Public Engagement*, Oxon, v. 12, n. 4, p. 345–359, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/21548455.2022.2089367>. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21548455.2022.2089367>. Acceso en: 6 jul. 2023.

HURTADO MAGÁN, G.; MEDINA ZUTA, P. Competencia en educación ambiental en universitarios de alto rendimiento de áreas STEM y ciencias sociales. *Revista Conrado*, Cienfuegos, v. 18, n. 84, p. 243-252, 2022. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442022000100243. Acceso en: 6 mar. 2022.

JUSTIN, T. S.; KRISHNAN, R.; NAIR, S.; SAMUEL, B. S. Learners' performance evaluation measurement using learning analytics in moodle. In: JOSHI, A.; MAHMUD, M.; RAGEL, R. G.; THAKUR, N. V. (eds). *Information and communication technology for competitive strategies: lecture notes in networks and systems*. v. 191. Singapore: Springer, 2022. p. 931-942. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-0739-4_87. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-0739-4_87. Acceso en: 24 ene. 2022.

KARAKAYA, F.; YILMAZ, M. Teachers' views on assessment and evaluation methods in STEM education: a science course example. *Journal of Pedagogical Research*, Duzce, Turkey, v. 6, n. 2, p. 61-71, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33902/JPR.202213526>. Disponible en: <https://www.ijopr.com/article/teachers-views-on-assessment-and-evaluation-methods-in-stem-education-a-science-course-example-12004>. Acceso en: 15 feb. 2022.

KELLEHER, M.; KINNEAR, B.; SALL, D. R.; WEBER, D. E.; DECOURSEY, B.; NELSON, J.; KLEIN, M.; WARM, E. J.; SCHUMACHER, D. J. Warnings in early narrative assessment that might predict performance in residency: signal from an internal medicine residency program. *Perspectives on Medical Education*, London, v. 10, n. 6, p. 334-340, 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40037-021-00681-w>. Disponible en: <https://pmejournal.org/articles/10.1007/S40037-021-00681-W>. Acceso en: 10 feb. 2022.

LAWRENCE, J.; BROWN, A.; REDMOND, P.; MALONEY, S.; BASSON, M.; GALLIGAN, L. TURNER, J. Does course specific nudging enhance student engagement, experience and success?: a data-driven longitudinal tale. *Student Success*, Brisbane, v. 12, n. 2, p. 28-37, 2021. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.5204/ssj.1914>. Disponible en: <https://studentsuccessjournal.org/article/view/1914>. Consultado el: 6 febrero. 2022.

LEHESVUORI, S.; KETONEN, L.; HÄHKIÖNIEMI, M. Utilizing informal formative assessment and dialogicity during reflections on educational dialogue in mathematics. *Studia Paedagogica*, Salamanca, v. 27, n. 2, p. 55–75, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5817/SP2022-2-3>. Disponible en: <https://journals.phil.muni.cz/studia-paedagogica/article/view/33060>. Acceso en: 6 jul. 2023.

LI, S.; LAJOIE, S. P. Promoting STEM education through the use of learning analytics: A paradigm shift. In: LI, S.; LAJOIE, S. P. *Artificial intelligence in STEM education: the paradigmatic shifts in research, education and technology*. Boca Raton: CRC Press, 2022. p. 211-224. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003181187-18>. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/357810031_Promoting_STEM_education_through_the_use_of_learning_analytics_A_paradigm_shift. Acceso en: 15 mar. 2022.

LIN, X.; ZHAN, Z.; ZHANG, X.; XIONG, J. et al. Exploring the effectiveness of a SPOC Learning Analytics System Based on Attribution Theory: Evaluation Framework and Educational Experiment. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, [S. l.] p. 1-14, 2023. En prensa. DOI: <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3268276>. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10105461>. Acceso en: 6 jul. 2023.

MARGOTTINI, M.; ROSSI, F. Processi autoregolativi e feedback nell'apprendimento online. *Journal of Educational, Cultural and Psychological Studies*, [S. l.], n. 21, p. 193-209, 2020. Disponible en: <https://psycnet.apa.org/record/2020-43619-009>. Acceso en: 6 feb. 2022.

MARTÍN, O.; SANTAOLALLA, E. Formación con «con-ciencia». *Padres y Maestros*, Madrid, n. 381, p. 41–46, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14422/pym.i381.y2020.006>. Disponible en: <https://revistas.comillas.edu/index.php/padresymaestros/article/view/12521>. Acceso en: 19 jul. 2023.

MEDINA ZUTA, P.; GONI CRUZ, F. F.; GUTIERREZ ALLCCACO, K. F.; HULLCA CONDORI, B. J. Trazabilidad del aprendizaje reflexivo en el entorno virtual durante la pandemia de la Covid-19. *Universidad y Sociedad*, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 8-18, 2022. Disponible en: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2530>. Acceso en: 6 feb. 2022.

MEDINA ZUTA, P.; MOLLO-FLORES, M. Práctica reflexiva docente: eje impulsador de la retroalimentación formativa. *Revista Conrado*, Orlando, v. 17, n. 81, p. 179-186, 2021. Disponible en: <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/1884>. Acceso en: 26 mar. 2022.

MEDINA ZUTA., P.; DERONCELE-ACOSTA, A. La evaluación formativa desde el rol del docente reflexivo. *Maestro y Sociedad*, Santiago de Cuba, v. 16, n. 3, p. 597-610, 2019. Disponible en:

<https://maestroysociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/view/4979>. Acceso en: 6 mar. 2022.

MISIEJUK, K.; WASSON, B.; EGELANDSDAL, K. Using learning analytics to understand student perceptions of peer feedback. *Computers in human behavior*, [S. l.], v. 117, 2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563220304052?via%3Dihub>. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106658>. Acceso en: 15 mar. 2022.

MOLLO-FLORES, M. E.; DERONCELE-ACOSTA, A. Meaningful learning: towards a meta-regulated learning model in hybrid education. In: LATIN AMERICAN CONFERENCE ON LEARNING TECHNOLOGIES, 16., 2021, Arequipa, Peru. *Anais [...]*. Arequipa, Peru: IEEE, 2021, p. 52-59. DOI: <https://doi.org/10.1109/LACLO54177.2021.00066> Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9725146>. Acceso en: 6 feb. 2022.

MOLLO-FLORES, M. E.; DERONCELE-ACOSTA, A. Modelo de retroalimentación formativa integrada. *Universidad y Sociedad*, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 391-401, 2022. Disponible en: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2569>. Acceso en: 15 mar. 2022.

NAWAZ, S.; ALGHAMDI, E. A.; SRIVASTAVA, N.; LODGE, J.; CORRIN, L. Understanding the role of AI and learning analytics techniques in addressing task difficulties in STEM education. In: LI, S.; LAJOIE, S. P. *Artificial intelligence in STEM education: the paradigmatic shifts in research, education and technology*. Boca Raton: CRC Press, 2022. p. 241-257. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003181187-20>. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003181187-20/understanding-role-ai-learning-analytics-techniques-addressing-task-difficulties-stem-education-sadia-nawaz-emad-alghamdi-namrata-srivastava-jason-lodge-linda-corrin>. Acceso en: 6 feb. 2022.

OLNEY, T.; WALKER, S.; WOOD, C.; CLARKE, A. Are we living in la (p)la land?: reporting on the practice of 30 STEM tutors in their use of a learning analytics implementation at the open university. *Journal of Learning Analytics*, Alberta, Canada, v. 8, n. 3, p. 45-59, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18608/jla.2021.7261>. Disponible en: <https://learning-analytics.info/index.php/JLA/article/view/7261>. Acceso en: 6 mar. 2022.

PAGE, M. J. *et al.* Declaración prisma 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, Madrid, v. 74, n. 9, p. 790-799, 2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300893221002748?via%3Dihub>. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>. Acceso en: 6 marzo 2022.

PALACIOS-NÚÑEZ, M.; DERONCELE-ACOSTA, A. Online collaborative learning: analysis of the current state. In: LATIN AMERICAN CONFERENCE ON LEARNING TECHNOLOGIES, 16., 2021, Arequipa, Peru. *Anais [...]*. Arequipa, Peru: IEEE, 2021. p. 44-51. DOI: <https://doi.org/10.1109/LACLO54177.2021.00065>. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9725233>. Acceso en: 29 ene. 2022.

PALACIOS-NÚÑEZ, M.; TORIBIO LÓPEZ, A.; DERONCELE-ACOSTA, A. Innovación educativa en el desarrollo de aprendizajes relevantes: una revisión sistemática de literatura. *Universidad Y Sociedad*, [S. l.], v. 13, n. 5, p. 134-145, 2021. Disponible en: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2219>. Acceso en: 12 mar. 2022.

PLUMMER, K.; KEBRITCHI, M.; LEARY, H. M.; HALVERSON, D. Enhancing critical thinking skills through decision-based learning. *Innovative Higher Education*, New York, v. 47, n. 4, p. 711-734, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10755-022-09595-9>. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/358281493_Enhancing_Critical_Thinking_Skills_Through_Decision-based_Learning. Acceso en: 26 mar. 2022.

PLUMMER, K.; TAEGER, S.; BURTON, M. Decision-based learning in religious education. *Teaching Theology and Religion*, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 110-125, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/teth.12538>. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/teth.12538>. Acceso en: 26 mar. 2022.

ROA, Y. R.; TAME, H.; HOLZHAUSEN, Y.; PETZOLD, M.; WYSZYNSKI, J.; PETERS, H.; ALHASSAN-ALTOAAMA, M.; DOMANSKA, M.; DITTMAR, M. Design and usability testing of an in-house developed performance feedback tool for medical students. *BMC Medical Education*, [S. l.], v. 21, n. 354, p. 1-9, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12909-021-02788-4>. Disponible en: <https://bmcomeduc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12909-021-02788-4>. Acceso en: 15 mar. 2022.

RODRIGUEZ, F.; YU, R.; PARK, J.; RIVAS, M. J.; WARSCHAUER, M.; SATO, B. K. Utilizing learning analytics to map students' self-reported study strategies to click behaviors in STEM courses. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LEARNING ANALYTICS AND KNOWLEDGE, 9., 2019, New York. *Anais [...]*. New York: Association for Computing Machinery, 2019. p. 456-460, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1145/3303772.3303841>. Disponible en: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3303772.3303841>. Acceso en: 10 feb. 2022.

ROMERO-MARTÍN, R.; CASTEJÓN-OLIVA, F. J.; LÓPEZ-PASTOR, V. M.; FRAILE-ARANDA, A. Evaluación formativa, competencias comunicativas y TIC en la formación del profesorado. *Comunicar*, Huelva, Espanha, n. 52, p. 73-82, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3916/C52-2017-07>. Disponible en: <https://www.revistacomunicar.com/index.php?contenido=detalles&numero=52&articulo=52-2017-07>. Acceso en: 10 feb. 2022

SANTILLÁN AGUIRRE, J. P.; CADENA VACA, V. D.; CADENA VACA, M.C. Educación Steam: entrada a la sociedad del conocimiento. *Ciencia Digital*, Ambato, v. 3, n. 3/4, p. 212-227, 2019. DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.4..847>. Disponible en: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/847>. Acceso en: 19 jul. 2023.

SAQR, M.; NOURI, J.; VARTIAINEN, H.; MALMBERG, J. What makes an online problem-based group successful? A learning analytics study using social network analysis. *BMC Medical Education*, [S. l.], v. 20, n. 80, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12909-020-01997-7>. Disponible en:

<https://bmcmededuc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12909-020-01997-7>.
Acceso en: 9 feb. 2022.

SIEMENS, G. Learning analytics: the emergence of a discipline. *American Behavioral Scientist*, Princeton, v. 57, n. 10, p. 1380-1400, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1177/0002764213498851>. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0002764213498851>. Acceso en: 25 mar. 2022.

UMA RAO, K.; PREMA, V.; SUBRAMANYA, K. N. Plickers: An ict tool for formative assessment and feedback. *Journal of Engineering Education Transformations*, [S. l.], v. 33, p. 290–295, 2020 DOI: <https://doi.org/10.16920/jeet/2020/v33i0/150163>. Disponible en: <https://sciresol.s3.us-east-2.amazonaws.com/srs-jeet/pdf/volume33/specialissue/JEET792.pdf>. Acceso en: 25 mar. 2022.

UNESCO. *Covid-19 y educación superior: de los efectos inmediatos al día después*. [S. l.]: IESALC, 2020. Disponible en: <https://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2020/05/COVID-19-ES-130520.pdf>. Acceso en: 22 feb. 2022.

UNESCO. *Shaping the future we want: un decade of education for sustainable development: final report*. Paris: UNESCO, 2014. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000230171>. Acceso en: 6 mar. 2022.

VAIDYA, A.; SHARMA, S. Anomaly detection in the course evaluation process: a learning analytics–based approach. *Interactive Technology and Smart Education*, [S. l.], v. 20, 2023. En prensa. DOI: <https://doi.org/10.1108/ITSE-09-2022-0124>. Disponible en: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ITSE-09-2022-0124/full/html>. Acceso en: 17 jul. 2023.

VARGAS-PINEDO, M. E.; MOLLO-FLORES, M. E.; ALEMÁN-SARAIVA, A. C.; DERONCELE-ACOSTA, A. Liderazgo científico investigativo del docente para la transformación del contexto universitario. *Revista Venezolana De Gerencia*, Zulia, v. 27, n. 99, p. 1151-1168, 2022. DOI: <https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.99.19>. Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rvg/article/view/38320/42468>. Acceso en: 25 mar. 2022.

YAKMAN, G.; LEE, H. Exploring the exemplary STEAM education in the U.S. as a practical educational framework for Korea. *Journal of The Korean Association for Science Education*, [S. l.], v. 32, n. 6, p. 1072-1086, 2012. Disponible en: <http://koreascience.or.kr/article/JAKO201213459004832.page>. DOI: <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072>. Acceso en: 12 mar. 2022.