



MODELO CONCEPTUAL PARA LA EVALUACIÓN EN ASIGNATURAS STEM EN EDUCACIÓN SUPERIOR

Conceptual Model for Assessment in STEM Subjects in Higher Education

SANDRA BARRAGÁN MORENO ¹, ALFREDO GUZMÁN RINCÓN ²

¹ Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia

² Corporación Universitaria de Asturias, Colombia

KEYWORDS

*Professional education
Subjects
Higher education
Student assessment
Formative assessment
Educational model*

ABSTRACT

Learning outcomes have been incorporated into multiple assessment systems to evaluate the level of student academic achievement. In this context, the objective of this article was defined as conceptually modeling the assessment of student academic achievement in STEM subjects at the higher education level focused on learning outcomes. For this purpose, the methodology employed included four consecutive phases that allowed the development of a conceptual model that integrates the dimensions of assessment, the requirements of learning outcomes, and disciplinary aspects. A future opportunity is the successive application, in different institutions, for a holistic reflection including the students' appreciation.

PALABRAS CLAVE

*Educación profesional
Asignaturas
Educación superior
Evaluación estudiantil
Evaluación formativa
Modelo educacional*

RESUMEN

Los resultados de aprendizaje se han incorporado a múltiples sistemas de evaluación para valorar el rendimiento académico de los estudiantes. En este contexto, el objetivo de este artículo fue modelar conceptualmente la evaluación del rendimiento académico de los estudiantes en las asignaturas STEM en el nivel de educación superior centrada en los resultados de aprendizaje. Para ello, la metodología empleada incluyó cuatro fases consecutivas que permitieron desarrollar un modelo conceptual que integra las dimensiones de la evaluación, los requerimientos de los resultados de aprendizaje y los aspectos disciplinares. Una oportunidad futura es la aplicación sucesiva, para una reflexión holística que incluya la apreciación de los estudiantes.

Recibido: 26/ 10 / 2021

Aceptado: 04/ 11 / 2021

1. Introducción

En las últimas décadas, los resultados de aprendizaje como base conceptual para el desarrollo del proceso formativo de los estudiantes han ganado importancia en los sistemas de evaluación en la educación superior al nivel mundial (Tshai et al., 2014), al permitir fijar una serie de objetivos que el estudiante puede alcanzar a corto, mediano y largo plazo, de ahí, que dichos resultados estén orientados a la acción y a la consecución del logro académico (Battersby, 1999). Así, la incorporación de los resultados de aprendizaje ha representado retos para todos los actores del sistema académico dado que, en general, involucra dos momentos para estimar el nivel de logro alcanzado en los estudiantes. El primero coincide con la graduación, en la que en algunos países se presentan pruebas estandarizadas de carácter privadas o estatales, para determinar el nivel de alcance de los resultados de aprendizaje durante el proceso formativo; y, el segundo, al final de un periodo (cercano a los 5 años) a partir de la graduación, en el que los empleadores del egresado retroalimentan si efectivamente se alcanzaron los resultados de aprendizaje planteados desde el programa de formación (Tshai et al., 2014). Bajo este contexto, en múltiples países, especialmente de occidente (ej.: Estados Unidos, España, Chile y Colombia), se han incorporado los resultados de aprendizaje en sus marcos normativos, dado que evalúan el nivel de logro académico desde tres dimensiones: conceptual, procedimental y actitudinal (Universidad del Desarrollo. Centro de Desarrollo de la Docencia, 2018).

Dicho esto, los resultados de aprendizaje representan diferentes tipos de desafíos para las Instituciones de Educación Superior (IES) entre los que se encuentra la concepción de los contenidos programáticos de las asignaturas que componen el pensum de los diferentes programas de formación, porque es en estos contenidos programáticos donde se concretan parte de los requerimientos y de las expectativas que involucran a todas las partes interesadas (ministerios de educación, funcionarios de sistemas de aseguramiento de la calidad de la educación, directivos de IES, profesores, estudiantes, familias y empleadores). En otras palabras, los contenidos programáticos de las asignaturas deben tributar a los resultados de aprendizaje del programa de formación, reflejando las acciones institucionales para que los estudiantes aprendan a aprender y a hacer, desarrollen habilidades y competencias para su propio aprendizaje y para las disciplinas y profesiones particulares (Resolución 21795 de 2020; Universidad del Desarrollo. Centro de Desarrollo de la Docencia, 2018).

Los resultados de aprendizaje y los desafíos que estos sugieren han adquirido tonos diferentes en los periodos de confinamiento y posconfinamiento de 2020 y 2021 como consecuencia de la declaración de la pandemia por la COVID-19 y las advertencias de la Organización de las Naciones Unidas y el Banco Mundial sobre las pérdidas en materia del logro o consecución de dichos resultados (Banco Mundial, 2021; Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2020). Las pérdidas de aprendizaje son la mixtura de la disminución del nivel promedio de aprendizaje, de una ampliación de la brecha en la distribución del rendimiento en el aprendizaje como efecto de las diferentes respuestas a la crisis y de un incremento de estudiantes con rendimiento muy bajo producto de la deserción escolar masiva (Iqbal et al., 2020; Guzmán et al., 2021).

En este contexto surge la pregunta de investigación que conduce este artículo en el nivel educativo de pregrado, la cual fue ¿cómo evaluar el logro académico estudiantil en el nivel educativo superior en concordancia con los resultados de aprendizaje en asignaturas STEM? Esta pregunta se ha restringido a las asignaturas STEM (ciencias, tecnología, matemáticas e ingeniería) debido a la diversidad y la variedad de disciplinas y ciencias que no pueden ser abordadas en un modelo universal de evaluación, sino que requiere de un modelo particular en concordancia a la naturaleza de la asignatura. En otras palabras, no es lo mismo planear y diseñar evaluaciones para asignaturas como Cálculo Vectorial de Ingeniería, que para asignaturas como Historia de las Artes y el Diseño de Diseño Gráfico. Por otra parte, y, entendiendo que el alcance de los resultados de aprendizaje se encuentra íntimamente ligado a los sistemas de educación de cada país, vinculándose a las políticas públicas particulares de cada uno de estos sistemas, el presente artículo se enmarca en la normatividad de Colombia.

Para avanzar hacia la respuesta de la pregunta de investigación, enseguida de esta introducción se abordan los conceptos de resultados de aprendizaje y de evaluación. Luego, se formulan tanto el objetivo como la metodología de la investigación. Posteriormente, se muestran los resultados, presentados progresivamente en tres partes. Con base en los resultados, se ofrece una discusión de estos y las conclusiones del trabajo en torno a la respuesta a la pregunta planteada.

1.1. Resultados de aprendizaje en la educación superior

En concordancia con un proceso sostenido en el tiempo, los resultados de aprendizaje describen lo que un estudiante típico puede alcanzar luego de la experiencia educativa en una progresión general dentro de la malla curricular, implicando la alineación entre los resultados de aprendizaje, las estrategias pedagógicas, didácticas y evaluativas, y los perfiles de egreso (Ballesteros, 2020; Salinas, 2019). Es decir, que los resultados de aprendizaje están rodeados de cierto grado de complejidad que abarca desde la formulación correcta de estos, el diseño curricular apropiado, la elaboración del contenido programático por asignatura, la enunciación de actividades académicas y la evaluación del logro académico de los estudiantes en tres momentos: diagnóstico, proceso y producto.

La valoración del cumplimiento de los resultados de aprendizaje entraña entonces esfuerzos combinados de la institución, del estudiante y del profesor (Consuegra, 2021; Flórez, 2019), de manera que: 1) El estudiante identifique el grado de avance en su proceso de formación y las posibilidades de mejora para alcanzar los objetivos de formación e información; 2) El profesor recolecte, mediante instrumentos apropiados, la evidencia suficiente sobre el nivel de logro para que pueda ofrecer alternativas pedagógicas que posibiliten el avance de cada estudiante acorde con el proceso individual (Bogoya et al., 2014); y 3) La institución cuente con varios momentos de observación de la evolución de cada estudiante en su formación, de manera que identifique oportunamente los conocimientos, fortalezas, habilidades y atributos del egresado con los que ya cuenta el estudiante en su ruta hacia la graduación y las posibilidades a ofrecer para que alcance el perfil de salida esperado.

A manera de ilustración de lo expuesto sobre esta concatenación a corto, mediano y largo plazo, se puede citar que, el Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia (MEN) indicó que los resultados de aprendizaje son las «declaraciones expresas de lo que se espera que un estudiante conozca y demuestre en el momento de completar su programa académico» (Decreto 1330 de 2019, pág. 4), exponiendo la expectativa de que estos resultados estén en consonancia con el perfil del egresado del programa y de la Institución de Educación Superior (IES). Más aún, el MEN estableció que tales resultados de aprendizaje, entre otros, deben establecer los niveles de aprendizaje y los reconocimientos de los resultados durante todo el proceso formativo desde el ingreso hasta la culminación (Resolución 21795 de 2020). Así, los contenidos programáticos de las asignaturas deben tributar a los resultados de aprendizaje, reflejando las acciones institucionales para que los estudiantes aprendan a aprender y a hacer, desarrollen habilidades y competencias para su propio aprendizaje y para las disciplinas y profesiones particulares (Resolución 21795 de 2020). De igual modo, los contenidos programáticos y sus sílabos asociados deben compilar los aspectos disciplinares previstos para las asignaturas en concordancia con las políticas institucionales definidas en el Proyecto Educativo Institucional (PEI), el modelo pedagógico, la misión, la visión (institucional y de programa académico), atendiendo aspectos relacionados con propuestas pedagógicas especiales que den cuenta de planes y programas para la retención estudiantil y la graduación oportuna (PyGO) (Ministerio de Educación Nacional, 2015) y a los componentes del Sistema de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (Consejo Nacional de Acreditación, 2020; Consejo Nacional de Acreditación, 2013; Ministerio de Educación Nacional, 2009; Consejo Nacional de Educación Superior, 2014; Ministerio de Educación Nacional, 2019; Ministerio de Educación Nacional, 2018).

En este panorama, la evaluación en las asignaturas STEM requiere una mirada detallada que contemple la delimitación conceptual, su diseño, su aplicación y su articulación con los resultados de aprendizaje, y, en consecuencia, con las políticas públicas para el caso Colombia.

1.2. Evaluación en asignaturas STEM en la educación superior: delimitación conceptual

Bodgan y García (2021) han llamado la atención sobre la plétora de acepciones en las que el término *STEM* se utiliza y el uso abusivo de este. En consecuencia, es necesario plantear las tres acepciones principales y deslindar el marco de trabajo del presente escrito: la primera de las mencionadas acepciones se ha enunciado como un eslogan político, relacionándolo con el reduccionismo de la educación en ciencias y tecnología a la conformación de fuerzas de trabajo que den soporte a las diferentes economías dentro del neoliberalismo (Bodgan & García, 2021); la segunda acepción recolecta las asignaturas en las disciplinas relacionadas con la ciencia, la tecnología, las matemáticas y la ingeniería (Tsupros et al., 2008) separándolas de las ciencias sociales y las humanidades; y la tercera acepción de *STEM* es un enfoque curricular integrado para el aprendizaje en el que se logra la aproximación a conceptos académicos, con grados de dificultad considerables desde la ciencia, la tecnología, las matemáticas, la ingeniería y las experiencias propias de los estudiantes (TKI, 2019; Holmlund et al., 2018; Vásquez, 2014). En consecuencia, este escrito se circunscribe principalmente en la segunda acepción, considerando eventualmente la tercera acepción bajo la posibilidad que presentan estas asignaturas en la implementación de la modelación matemática y estadística en su enfoque pedagógico, lo que permite establecer relaciones entre disciplinas e integrarlas para proporcionar visiones globales en situaciones problema.

El enfoque integrador de las asignaturas STEM advierte que es posible avanzar en el conocimiento disciplinar y limar los grados de dificultad mediante la conciliación de la ciencia, la tecnología, las matemáticas, la ingeniería y las experiencias previas de los estudiantes (TKI, 2019; Vásquez, 2014, p. 22). Además, estas asignaturas deben contribuir a la permanencia estudiantil a través del mejoramiento de la calidad académica y el incremento del nivel de logro académico de los estudiantes (Barragán & Cala, 2019) y que propende por los atributos de egreso para los estudiantes de ciencias e ingeniería (Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, 2020) en cuanto a proyección, formación e impacto de seres críticos abriendo «perspectivas de transformación en dinámicas que emergen de la transdisciplinariedad» (Moreno & Bautista, 2019, p. 13).

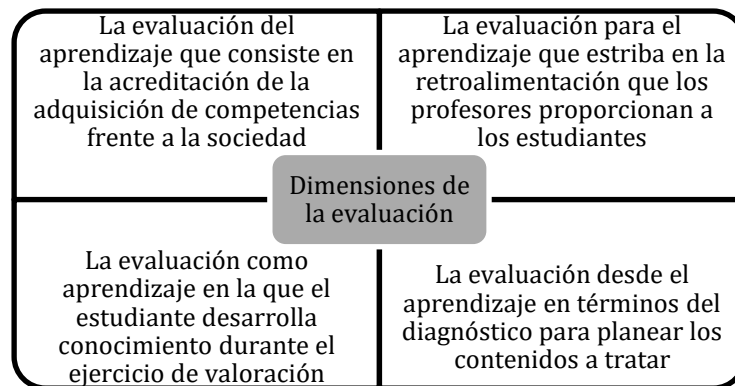
Por otro lado, Bogoya et al. (2014) definieron la *evaluación* como un acto de reconocimiento de atributos y fortalezas, estados de desarrollo y profundidad de la capacidad de un estudiante en una disciplina que es objeto de estudio, que en este caso son los de las disciplinas STEM. Adicionalmente, la Figura 1 presenta un concepto multidimensional de la evaluación de acuerdo con Barberà (2006). Es de anotar que, para los tiempos de trabajo académico remoto por la contingencia de la COVID-19, Schwartzman et al. (2021) recopilaron diferentes acercamientos a la evaluación desde enfoques basados en los instrumentos a aplicar (e-portafolios y cuestionarios), en eficiencia en la administración de la evaluación y posibles dificultades como la conectividad, la verificación de la identidad del evaluado y el fraude. También recogieron experiencias holísticas en las que se analizaban principios, funciones, medios empleados e interacciones que abarcaron (o intentaron abarcar) las cuatro dimensiones de la Figura 1 (Schwartzman et al., 2021). Con centro en la segunda dimensión de la evaluación en torno a la retroalimentación con soporte tecnológico como estrategia para fomentar la autorregulación en estudiantes universitarios, Gros y Cano (2021) hicieron una revisión sistemática, encontrando que la mayoría de los trabajos identificados en evaluación se centraron en aspectos instrumentales de la tecnología, vinculándola a la gestión y almacenamiento de los datos, a la eficiencia en la calificación o a la motivación de los estudiantes. Adicionalmente, indicaron que, aunque «la autoevaluación como la evaluación por pares fomentan y fortalecen las habilidades de metacognición y autorregulación que son importantes habilidades de aprendizaje» (Gros & Cano, 2021, p. 121), aún la tecnología no aporta al desarrollo de tales procesos.

Durante los periodos de confinamiento y posconfinamiento, los profesores y estudiantes, en el ejercicio de la enseñanza y el aprendizaje, desarrollaron o ampliaron sus competencias digitales por medio del uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y las tecnologías del aprendizaje y el conocimiento (TAC) (Latorre et al., 2018). Considerando las lecciones aprendidas en cuanto a autoaprendizaje, autorregulación y autogestión de los estudiantes y profesores, así como de conectividad, las opciones para evaluar el logro académico estudiantil en el nivel educativo superior también se ven

permeadas. La disposición de los profesores llevó a la exploración o profundización en múltiples herramientas web de apoyo a la docencia que incluían cursos, buscadores, aplicativos para encuestas, plataformas colaborativas o para compartir documentos de las que García (2021) hizo un inventario de las 100 más utilizadas en 2020, incluyendo las de evaluación.

Aquí surgió la oportunidad de abordar cuál puede ser la mejor opción para evaluar el logro académico estudiantil en el nivel educativo superior en concordancia con los resultados de aprendizaje en asignaturas STEM, dado que la evaluación debe responder al aseguramiento de la calidad de la educación, aspectos disciplinares, aspectos pedagógicos (entre los que se encuentran las dimensiones de la evaluación) y las políticas institucionales. Enlazados con esta pregunta, se diseñaron tanto el objetivo como la metodología de la investigación.

Figura 1. Dimensiones de la evaluación.



Nota: elaboración propia con base en Barberà (2006).

2. Objetivo y metodología

El objetivo del presente trabajo es modelar conceptualmente la evaluación del logro académico estudiantil en asignaturas STEM en el nivel educativo superior enfocadas hacia los resultados de aprendizaje. Para lograr el objetivo, se tomó como referentes teóricos estudios previos relacionados con STEM y la evaluación, entre los que se destacan Griffiths et al. (2021), Reynders et al. (2020) y Wahono et al. (2020). En este contexto, el estudio tuvo un enfoque cualitativo. Así, se planteó el método de investigación contemplando cuatro fases consecutivas, a saber:

1. Fase uno: revisión de la implementación de los resultados de aprendizaje a nivel superior y la delimitación del concepto de *evaluación*. Esta fase está prevista en las particularidades que conlleva el cambio de enfoque a un sistema basado en resultados de aprendizajes, lo que es un desafío para las IES.
2. Fase dos: remarcación del alcance del modelo conceptual. Con base en los retos, los requerimientos que tiene obedecer y las dimensiones en que se enmarca la evaluación es vital señalar con precisión el alcance al que debe llegar el modelo conceptual.
3. Fase tres: diseño del modelo conceptual para evaluación en asignaturas STEM de nivel universitario. En esta fase se elaboró y se diagramó el modelo atendiendo a todo lo especificado en la fase anterior.
4. Fase Cuatro: validación de la operatividad, utilidad y confiabilidad del modelo. Esta fase giró en torno al análisis del desempeño del modelo para avanzar en las fortalezas y las posibilidades de desarrollo.

La fase uno se implementó para establecer los linderos en los que se desarrolló este trabajo y fue documentada en la introducción de este escrito. En este sentido, la revisión de la literatura desarrollada fue de carácter no sistematizada, por lo que esta correspondió a un enfoque integrativo para sintetizar los hallazgos más representativos de la temática de estudio (Torraco, 2005). La decisión de utilizar este

enfoque obedeció a la naturaleza del tema de investigación, que, si bien es amplio y basto relacionado con el STEM, son pocos los estudios que relacionan las asignaturas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas con modelos de evaluación y resultados de aprendizaje. Así, Snyder (2019) destacó el papel de este tipo de revisiones bibliográficas en el desarrollo de modelos teóricos iniciales o preliminares, más que en la revisión de modelos antiguos, y donde el objetivo no es la revisión exhaustiva de estudios anteriores, sino la combinación de perspectivas para la construcción de una nueva. En el siguiente apartado se presentan los resultados de las tres fases restantes.

3. Resultados

Con la ejecución de las fases uno y dos se observaron los principales rasgos que definen a la evaluación y a las asignaturas STEM, así como a los resultados de aprendizaje y las exigencias que estos imponen al proceso de enseñanza-aprendizaje desde que un estudiante ingresa a las IES hasta que se gradúa y ejerce su profesión. Más aún, los resultados de aprendizaje no están aislados en un sistema de evaluación, sino que coexisten con la gestión institucional para la permanencia estudiantil, con los sistemas de aseguramiento de la calidad académica (es más, hacen parte de ellos), con requerimientos del sector productivo, entre otros. Todo esto compromete a la evaluación, a la observancia a varios requerimientos simultáneamente, por lo que es crucial demarcar con exactitud lo que debe satisfacer un modelo conceptual para evaluaciones de asignaturas STEM en educación superior, en el ánimo de que no se quede corto ni se extralimite.

3.1. Demarcación del alcance del modelo conceptual para evaluación de asignaturas STEM en educación superior

La identificación plena de los retos para la formulación del modelo conceptual permitió la consolidación y la demarcación de la frontera en la que debe oscilar su alcance. La frontera está dada por:

1. Abarcar, en un enfoque integrador STEM, situaciones problema, técnicas, dominios conceptuales, uso de herramientas conceptuales, algorítmicas y de cómputo.
2. Aportar a la mejora de la calidad académica, fortaleciendo la gestión curricular y adaptándose a las características de la IES y de los estudiantes.
3. Alinear la evaluación con los objetivos y los resultados de aprendizaje, de forma que todos respondan a la misma intención pedagógica y didáctica.
4. Aprovechar todo lo aprendido en el trabajo remoto por la contingencia por COVID-19 en cuanto a autonomía, autorregulación, autogestión, herramientas TIC y TAC, plataformas y demás.
5. Coincidir con una o más dimensiones de la evaluación para mejorar la estimación del progreso de los estudiantes y la práctica docente en lo referente a la consideración teórica consciente de la valoración del desempeño académico de los evaluados.
6. Identificar el incremento en el logro académico de los estudiantes para proponer rutas adecuadas que fomenten la construcción del conocimiento.

La Figura 2 resume los retos que debe enfrentar cualquier modelo para evaluar asignaturas STEM en el nivel superior, además de la simplicidad, la versatilidad y la adaptabilidad a los contextos cambiantes (presencial a remoto, confinamiento a posconfinamiento, por ejemplo).

Figura 2. Retos del alcance del modelo conceptual para evaluación en asignaturas STEM.



Fuente: elaboración propia.

3.2. Modelo conceptual para evaluación de asignaturas STEM en educación superior

La Figura 3 muestra el diagrama del modelo conceptual que reúne cuatro atributos destacados en la evaluación de asignaturas cuyos dominios conceptuales se encuentran en las disciplinas STEM de ciencias, tecnología, matemáticas e ingeniería. Los atributos son la identificación, el diseño, el análisis y la incorporación.

Figura 3. Modelo conceptual para evaluación de asignaturas STEM en educación superior.



Fuente: elaboración propia.

La identificación sugiere una planeación, un fundamento y un soporte de lo que se buscará con la evaluación en cuanto al resultado de aprendizaje, dimensión de la evaluación, dominio conceptual y medio de aplicación se refiere. Estas consideraciones se pueden emprender de forma individual o colectiva, dado que hay asignaturas que se imparten en varios horarios de la jornada académica y orientadas por diferentes profesores, con lo que la concertación es indispensable para que la evaluación tenga los mismos parámetros para todos los estudiantes y todos los profesores.

El diseño está dirigido a la elaboración de ítems abiertos o cerrados, a la redacción y presentación de situaciones problema en contextos atractivos, a la escritura y comunicación de instructivos para comunicar los parámetros en los que se llevará a cabo la aplicación, la rúbrica y los métodos de calificación. La atención a la información a evaluados y evaluadores es fundamental, de modo que no tome a nadie por sorpresa y todas las partes involucradas cuenten con tiempo suficiente para prepararse y demostrar sus habilidades.

El análisis involucra el proceso y los resultados, debido a que los cuestionarios, los ítems, los bancos de preguntas, los instructivos y el material complementario son susceptibles de mejoría después de cada aplicación. Todo esto en virtud de que los interlocutores inmediatos interpretan la información conforme a su bagaje académico, las herramientas de aplicación pueden modificar la percepción de los ítems (por ejemplo: cuestionarios en papel y cuestionarios en plataformas que muestran los ítems uno a uno y que no permiten devolverse). Por supuesto, el análisis de resultados posibilita la mejora tanto de los instrumentos, como del proceso y de lo que se obtiene.

La incorporación está destinada a los cursos de acción con base en los resultados obtenidos y en el análisis del proceso que, como se mencionó arriba, favorece la preparación de actividades apropiadas, de refuerzos, de planes de mejora y de adaptación de los contenidos programáticos al alcance tanto del objetivo general como de los específicos de cada asignatura.

3.3. Validación de la operatividad, utilidad y confiabilidad del modelo

La validación de la operatividad se hizo mediante cinco casos que atañen a diferentes asignaturas STEM, resultados de aprendizaje, dominios conceptuales y métodos de aplicación. La utilidad del modelo es intrínseca a cada uno de los casos que aquí se exponen. La confiabilidad del modelo se desprende de la revisión de la literatura desarrollada en la fase uno.

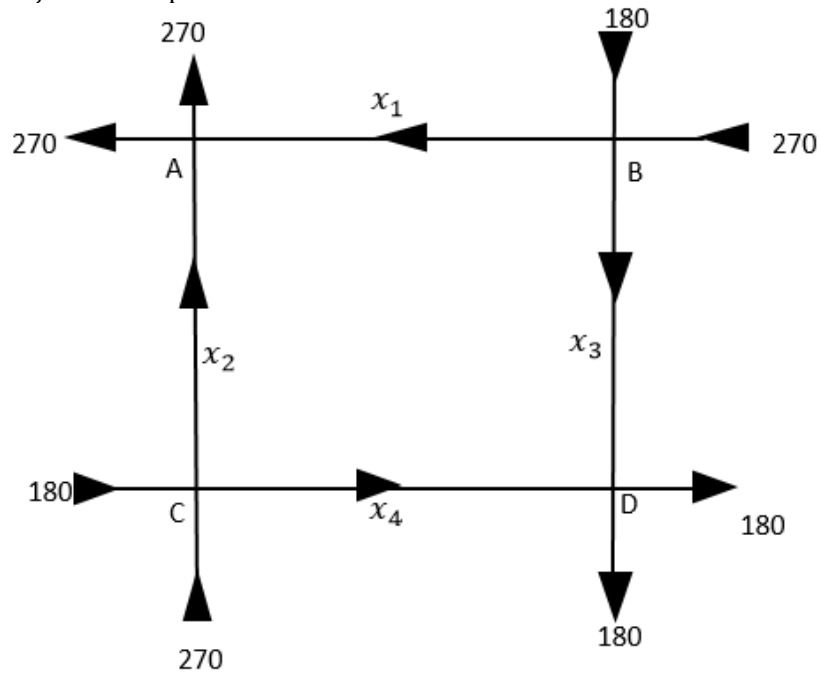
En cuanto a la primera dimensión, está enfocada hacia la acreditación de la adquisición de competencias genéricas y específicas, que son la base del perfil de egreso y que en el proceso de aprendizaje constituyen los resultados de aprendizaje. Bajo la consideración de que las competencias se van desarrollando progresivamente, se propone, por ejemplo, que para entender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global, económico, ambiental y social se pueden diseñar preguntas abiertas que involucren resolución de problemas, planteamientos de modelos que representen retos para el estudiante sin que lo desanimen por su grado de elaboración. Aquí los estudiantes pueden lucir su análisis a través de roles (por ejemplo: modelador como actor situado).

3.3.1 Caso uno

Problema adaptado del libro de Barragán et al. (S.F) para la asignatura de Álgebra Lineal de fundamentación básica en ciencias e ingeniería.

La Figura 4 representa el diagrama del flujo de tráfico de una malla vial donde las calles tienen un solo sentido marcado por las flechas. Las intersecciones están marcadas con letras mayúsculas. Los vehículos no se pueden quedar parqueados en las intersecciones, es decir, los vehículos que entran a las intersecciones deben salir. x_i está representando el número de vehículos que circulan por hora por la calle i . Encuentre un sistema de ecuaciones que describa el diagrama del flujo de tráfico de la malla vial de la Figura 4 para encontrar la cantidad de vehículos que pueden circular por hora en cada una de las calles. Posteriormente, organice dicho flujo de forma tal que impacte lo menos posible a los usuarios de estas calles, esto implica hacer la menor cantidad de cambios posibles. (Barragán et al., S.F, pp. 91-92)

Figura 4. Diagrama de flujo de un mapa vial.



Fuente: Barragán et al. (2021, p. 92).

La situación problema propone generar un sistema de ecuaciones lineales que tiene infinitas soluciones que se encuentran mediante el algoritmo de eliminación de Gauss-Jordan (que lo puede ejecutar mediante herramientas como Geogebra ®). No obstante, de acuerdo con la pregunta, se orienta al estudiante para que vaya más allá de conseguir la solución por comprensión (monoparamétrica) y estipule condiciones sobre las soluciones de forma que a partir de:

$$\begin{aligned} x_1 &= 90 + t \\ x_2 &= 450 - t \\ x_3 &= 360 - t \\ x_4 &= t \text{ donde } t \in \mathbb{R} \end{aligned}$$

Llegue a considerar las que supongan menos inconvenientes para los usuarios como lo sería cerrar o cambiar de sentido las vías, por lo que la solución debe incluir argumentación acerca de que el valor de t debe ser un entero menor que 360 y que 450, es decir, $t \in (0,360) \cap \mathbb{Z}$, ofreciendo soluciones particulares que permitan una implementación de ellas.

Estas soluciones requieren la expresión escrita, simbólica y de argumentación, por lo que el formato sugerido es de pregunta abierta mediante ítems orientadores, en concordancia con actividades previas relacionadas.

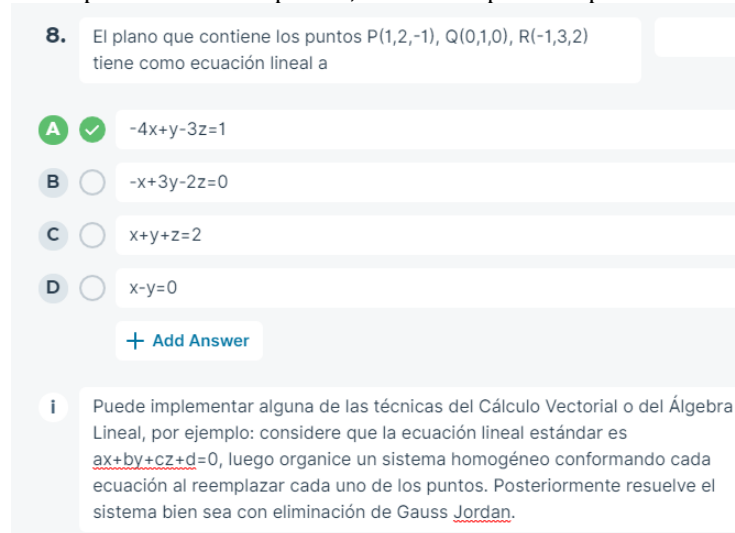
Para la segunda dimensión, es posible implementar un banco de ítems cerrados de selección múltiple en plataformas como Moodle o Blackboard, o ejercicios cortos en aplicativos como Kahoot, Socrative o Moodle, de modo que la evaluación se enfoque en el aprendizaje mediante la retroalimentación. Estas plataformas ofrecen la posibilidad de crear cuestionarios de preparación y de registro con fines de evaluación tanto formativa como sumativa. También es posible preparar videos o podcast que ilustren sobre la forma de contestar este tipo de preguntas, dado que tienen formulaciones que incluyen enunciados y reactivos. Plataformas como las mencionadas permiten introducir retroalimentación en la que el estudiante reconoce su avance y los aspectos a enfatizar para alcanzar los objetivos generales y específicos de las asignaturas. Para ilustrar la evaluación en esta dimensión se puede referenciar el trabajo cotidiano en asignaturas como Cálculo Vectorial o Álgebra Lineal de la fundamentación básica, enfocado hacia el resultado de aprendizaje, «Comunicarse efectivamente en forma escrita, oral y gráfica» que

familiariza al estudiante con el lenguaje simbólico, con la aplicación de algoritmos y verificación de hipótesis.

3.3.2 Caso dos

La Figura 5 presenta un ítem de selección múltiple con única respuesta, típico del Álgebra Lineal y del Cálculo Vectorial, en el que se espera que el estudiante identifique la simbología, las hipótesis y el algoritmo apropiado para obtener la solución del ejercicio. El nivel de dificultad es básico y se ubica en los niveles primarios de comunicación técnica. El ítem presentado fue preparado en la versión gratuita de Socrative, incorporando la retroalimentación. La evaluación con esta plataforma o similares también tiene ventajas desde el punto de vista de la eficiencia, pues aligera la aplicación extemporánea en caso de falta de conectividad o ausencia por otros motivos. Los aspectos a sobrellevar tienen que ver con las limitaciones de escritura y presentación de la gratuidad.

Figura 5. Ítem de selección múltiple con única respuesta, versión en perfil de profesor.



Fuente: Barragán et al. (2021).

3.3.3 Caso tres

El trabajo de González (2017), entre muchos otros aspectos, contribuye al avance en la ruta de la comunicación efectiva como resultado de aprendizaje. Algunas de las evaluaciones propuestas por el autor gravitan en torno a los proyectos de Estadística Descriptiva bajo un esquema configurado en 6 partes: 1) Elección del tema del proyecto; 2) Diseño de un cuestionario o un instrumento de captura de información; 3) Trabajo de campo; 4) Construcción de una base de datos; 5) Análisis de los datos; y 6) Comunicación de los resultados. Para la valoración del logro académico se enfatiza en que el procesamiento de los datos debe estar en función de la pregunta y el objetivo de investigación, recalando que el informe debe tener la estructura de un artículo de investigación (González, 2017). Tales proyectos requieren trabajos en equipo para su desarrollo. Para la lectura, evaluación y retroalimentación de estos, se puede hacer uso de herramientas como las tareas de Moodle. Aunque estos proyectos son muy interesantes y motivan de forma importante a los estudiantes, se requiere personal de apoyo (monitores o practicantes docentes) para el soporte formativo, dado que hay que brindar soporte en el proceso de elaboración del producto final y leer cada uno de los manuscritos y hacer las anotaciones respectivas.

En la dimensión que contempla el desarrollo de conocimiento durante el proceso de evaluación en el contexto del «desarrollo de experimentos» como resultado de aprendizaje, se puede analizar el aporte de Contento (2019), en el que se plantean ítems sucesivos que contribuyen al entendimiento de experimentos relacionados con la enseñanza, la ingeniería de alimentos y la publicidad (Contento, 2019), en los que los estudiantes profundizan en el entendimiento de los conceptos relacionados, la situación

problema de su interés, las entradas y las salidas del software (en este caso R), la programación y el uso de código ya establecido. Es de anotar que, los contextos presentados, están en el repertorio de las experiencias previas de los estudiantes, y las evaluaciones se realizan con el software disponible, lo que abre la posibilidad de indagar sobre aspectos no inmediatos. Igual que en el caso 3, la evaluación es demandante en tiempo, tanto en la preparación como en la valoración.

3.3.4 Caso cuatro

El siguiente ítem es de nivel de dificultad media, y representa una oportunidad de aprendizaje para el estudiante dado que debe reconocer terminología técnica, plantear un sistema de ecuaciones y resolverlo. En la familiarización previa con estas preguntas puede instar a contestar mediante argumentos cortos y contundentes que impliquen, sin convertir la pregunta en cuatro preguntas independientes. Estos ítems pueden adaptarse a la solución de situaciones problema, a la verificación de ejecución de algoritmos y de hipótesis. Su aplicación puede hacerse mediante cuestionarios de Moodle u otra plataforma.

El polinomio cuadrático $p(x) = ax^2 + bx + c$ que interpola los puntos $(0, -1)$, $(1, 2)$ y $(2, 3)$ es:

- A. $p(x) = x^2 + 2x - 1$
- B. $p(x) = x^2 - 4x - 1$
- C. $p(x) = -x^2 + 4x - 1$
- D. $p(x) = -x^2 + 2x + 3$

En la retroalimentación solo se ofrece la clave, indicando que esta es la C.

Para la evaluación desde el aprendizaje en términos del diagnóstico para planear los contenidos a tratar, se pueden emplear pruebas de entrada y de salida que tracen la evolución conceptual y permitan identificar en otros la ganancia normalizada (Epstein, 2013), interpretada como la «ganancia en clase». Esta dimensión de la evaluación impone un esfuerzo adicional por parte del equipo de profesores o de la coordinación, y es el relacionado con la metaevaluación, reclamando conocimiento específico en teorías de diseños de pruebas estandarizadas y en procesamiento de datos que conduzcan a la calibración de los instrumentos aplicados para la evaluación y al reconocimiento efectivo del aporte de los cursos a los resultados de aprendizaje.

3.3.5 Caso cinco

Epstein (2013) elaboró un inventario de los principios básicos para el Cálculo Diferencial (CCI), al que se puede acceder haciendo solicitud escrita al autor bajo el compromiso de confidencialidad de los ítems de la prueba. La prueba se puede programar en los cuestionarios de plataformas como Moodle, considerando que se pueda acceder a las cadenas de respuestas para su procesamiento en cuanto al funcionamiento diferencial de los ítems por grupos en las variables demográficas o de contexto, como lo prevé la Teoría de Respuesta al Ítem (TRI) (Atorresi et al., 2003; Angoff, 1993) o a la ganancia normalizada.

4. Discusión y conclusiones

Para fomentar las competencias de aprendizaje y profesionales en torno al perfil de egreso y los resultados de aprendizaje, se requiere concertación y diálogo permanente entre los integrantes de los programas académicos, dado que no es solo incumbencia del comité curricular, ya que, para disminuir la brecha en la implementación, se debe contar con el concurso de estudiantes, profesores, funcionarios y directivos que conjuguen los recursos académicos, físicos y humanos para lograr estos resultados. Los resultados de aprendizaje se logran durante la trayectoria del estudiante en la institución, por lo que cada actividad contribuye a la del proceso de creación de valor.

En instituciones académicas, el proceso de creación de valor abarca diferentes unidades organizacionales interactuando para entregar productos/servicios a los clientes externos (por ejemplo: estudiantes, empresas, comunidad científica). Tales unidades no son solamente las oficinas que atienden al público y las de niveles periféricos; también están relacionadas con las oficinas auxiliares y con las de nivel central. Una falta de coordinación entre las diferentes unidades involucradas en la entrega de los productos/servicios puede limitar sustancialmente la capacidad de la organización para generar valor (Cosenz, 2014, p. 959).

En este contexto, resultó importante analizar la evaluación en asignaturas STEM orientada a los resultados de aprendizaje en el marco de las opciones educativas que pueden elegirse institucionalmente en el periodo de posconfinamiento, de forma que se puedan abordar los contenidos programáticos y aplicar las evaluaciones dentro de lo esperado para la retroalimentación, el aprendizaje, la acreditación del conocimiento y la planeación de las actividades académicas. En consecuencia, el logro académico de los estudiantes puede estimarse a través de evaluaciones de variados alcances aplicadas por sendos medios. La alineación de los objetivos de formación y de información con las actividades académicas, la evaluación y la contribución de estos a los resultados de aprendizaje.

Los ejemplos analizados mostraron que, aunque el nuevo enfoque requiere trabajar sobre lo que pueden hacer las IES con las capacidades que tienen, se destacó la inversión en tiempo de dedicación docente a la sensibilización hacia la evaluación, a la comprensión de todo el andamiaje teórico y de políticas públicas, al diseño, aplicación, interpretación y análisis del nivel de logro académico. El diseño de las evaluaciones debe responder a muchas expectativas, siendo suficientemente adaptables y flexibles para que puedan ser compatibles a las circunstancias emergentes, en consonancia con los parámetros institucionales, disciplinares y contextuales.

Es importante dar a conocer con antelación los dominios conceptuales, la ponderación, las fechas de evaluación, el medio por el que se aplicará y todos los detalles, de forma que todas las partes involucradas conozcan los términos incluso de evaluaciones con menos ponderación. En consecuencia, las evaluaciones deficitarias que emergen en el momento no tienen cabida, pues es importante que los estudiantes tengan tiempo para prepararse y el profesor tenga la posibilidad de conocer el avance y las oportunidades de mejora (no solo lo que el estudiante no sabe).

Para conseguir una visión holística del logro académico es recomendable emplear diferentes tipos de evaluación, con diversos alcances e intencionalidades, de manera que se puedan abarcar las dimensiones de la evaluación durante el desarrollo de la actividad académica en los periodos lectivos.

En la alineación de la evaluación con los objetivos y los resultados de aprendizaje, resulta apropiado que tanto profesores como estudiantes conozcan preferiblemente por escrito los criterios, rúbricas e instructivos de la autoevaluación, coevaluación (por pares) y evaluación. Todo esto resulta muy conveniente para identificar el logro académico, apoyado en la tecnología. No obstante, es recomendable seleccionar algunas (pocas) de las que se puedan tener videos tutoriales e instructivos de manejo al alcance de todos los involucrados en la evaluación. La simplicidad puede ser favorable en cuanto a eficacia y eficiencia se refiere, muchas herramientas pueden confundir a los participantes.

Con miras a las dimensiones de la evaluación y con ayuda de estas herramientas se puede avanzar en el diseño y aplicación de evaluaciones para dar cuenta de los resultados de aprendizaje en el marco de las asignaturas STEM.

Referencias

- Acuerdo 02 del 2020 [Ministerio de Educación Nacional. Consejo Nacional de Acreditación]. Por el cual se actualiza el modelo de acreditación en alta calidad. 02 de julio de 2020. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-399567_recurso_1.pdf
- Acuerdo por lo superior 2034 de 2014 [Ministerio de Educación Nacional. Consejo Nacional de Educación Superior]. Propuesta de política pública para la excelencia de la educación superior en Colombia en el escenario de la paz. 2014. http://www.dialogoeducacionsuperior.edu.co/1750/articles-319917_recurso_1.pdf
- Angoff, W. (1993). Perspectives on Differential Item Functioning Methodology. En P. Holland, & H. Wainer, *Differential Item Functioning* (pp. 3-23). Lawrence Erlbaum Associates.
- Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. (2020). *Información sobre resultados de aprendizaje para programas de ingeniería*. ACOFI. <http://www.acofi.edu.co/noticias/informacion-sobre-resultados-de-aprendizaje-para-programas-de-ingenieria/>
- Atorresi, H., Galibert, M. S., Zanelli, M. L., Lozzia, G. S. & Aguerri, M. E. (2003). Error tipo I en el análisis del funcionamiento diferencial del ítem basado en la diferencia de los parámetros de dificultades. *Psicológica*, 24(2), 289-306. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=16924207>
- Ballesteros, V. A. (2020). Una aproximación inicial a los resultados de aprendizaje en educación superior. *Revista Científica*, 39(3), 259-261. <http://www.scielo.org.co/pdf/cient/n39/2344-8350-cient-39-259.pdf>
- Banco Mundial. (2021). *Global Economic Prospects*. World Bank Group, <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/35647/9781464816659.pdf>
- Barberà, E. (2006). Aportaciones de la tecnología a la e-Evaluación. *Revista de Educación a Distancia*, 5(6), 1-13. <https://www.um.es/ead/red/M6/>
- Barragán, S., & Cala, F. (2019). Educación STEM integrada como estrategia para la permanencia estudiantil en la educación superior. En N. Moreno Cáceres (Ed.), *Educación STEM/STEAM: Apuestas hacia la formación, impacto y proyección de seres críticos* (1 ed., pp. 85-110). Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón.
- Barragán, S., Melo, J., & Aya, O. (2021). *Álgebra Lineal. Modelación, solución de problemas y ejercicios*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Battersby, M. (1999). *So, What's a Learning Outcome Anyway?* Educational Resources Information Center (ERIC). U.S. Department of Education. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED430611.pdf>
- Bodgan, R. B., & García-Carmona, A. (2021). «De STEM nos gusta todo menos STEM». Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 39(1), 65-80. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>
- Bogoya Maldonado, J., Barragán Moreno, S., Contento Rubio, M., & Ocaña Gómez, A. (2014). Calibración de instrumentos de evaluación-clasificación de matemáticas en la Universidad Jorge Tadeo Lozano. *Revista Complutense de Educación*, 25(2), 501-519. <https://revistas.ucm.es/index.php/RCED/article/view/41931>
- Consejo Nacional de Acreditación. (2013). *Lineamientos para la acreditación de programas de pregrado*. Ministerio de Educación Nacional. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-342684_recurso_1.pdf
- Consuegra, J. (2021). Los resultados de aprendizaje: el reto del decenio. *El Espectador*. <https://www.elespectador.com/actualidad/los-resultados-de-aprendizaje-el-reto-del-decenio-article/>
- Contento, M. (2019). *Estadística con aplicaciones en R*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Cosenz, F. (2014). A Dynamic Viewpoint to Design Performance Management Systems in Academic Institutions: Theory and Practice. *International Journal of Public Administration*, 37, 955-969.

- Decreto 1330 de 2019 [Ministerio de Educación Nacional]. Por el cual se sustituye el Capítulo 2 y se suprime el Capítulo 7 del Título 3 de la Parte. D.O. 51.025 25 de julio de 2019. https://www.mineduccion.gov.co/1759/articles-387348_archivo_pdf.pdf
- Epstein, J. (2013). The Calculus Concept Inventory-Measurement of the Effect of Teaching. *Notices of the American Mathematical Society*, 60(8), 1018-1026. <http://dx.doi.org/10.1090/noti1033>
- Flórez, J. (2019). "Nuevo Decreto Centrado en Resultados" Decreto 1330 Min. Educación. Universidad Cooperativa de Colombia. <https://www.ucc.edu.co/noticias/prensa/academia/Nuevo-Decreto>
- García Aretio, L. (2021). COVID-19 y educación a distancia digital: preconfinamiento, confinamiento y posconfinamiento. *RIED*, 24(1), 1-18. <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.28080>
- González, L. (2017). *Análisis exploratorio de datos. Una introducción a la estadística descriptiva y probabilidad*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Griffiths, A. J., Brady, J., Nicholas R., Alsip, J., Trine, V., & Gomez, L. (2021). STEM for Everyone: A Mixed Methods Approach to the Conception and Implementation of an Evaluation Process for STEM Education Programs for Students with Disabilities. *Frontiers in educación*, 5, 312. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/feduc.2020.545701>
- Gros, B., & Cano, E. (2021). Procesos de *feedback* para fomentar la autorregulación con soporte tecnológico en la educación superior: Revisión sistemática. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(2), 107-125. <https://doi.org/10.5944/ried.24.2.28886>
- Guzmán, A., Barragán, S., & Cala-Vitery, F. (2021). Dropout in Rural Higher Education: A Systematic Review. *Frontiers in Education*, 6, 727833. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.727833>
- Holmlund, T. D., Lesseig, K., & Slavitt, D. (2018). Making sense of "STEM education" in K-12 contexts. *International Journal of STEM Education*, 5(1), 30631722. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0127-2>
- Iqbal, S., Azevedo, J., Geven, k., Hasan, A., & Patrinos, H. (13 de abril de 2020). *We Should Avoid Flattening the Curve in Education – Possible Scenarios for Learning Loss During the School Lockdowns*. World Bank Blogs. <https://blogs.worldbank.org/education/we-should-avoid-flattening-curve-education-possible-scenarios-learning-loss-during-school>
- Latorre, E., Castro, K., & Potes, I. (2018). *Las TIC, las TAC y las TEP: innovación educativa en la era conceptual*. Universidad Sergio Arboleda.
- Ministerio de Educación Nacional. (2009). *Deserción estudiantil en la educación superior colombiana. Metodología de seguimiento, diagnóstico y elementos para su prevención*. Imprenta Nacional de Colombia.
- Ministerio de Educación Nacional. (2015). *Guía para la implementación del modelo de gestión de permanencia y graduación estudiantil en instituciones de educación superior*. Ministerio de Educación Nacional.
- Ministerio de Educación Nacional. (2018). *Referentes de calidad: una propuesta para la evolución del sistema de aseguramiento de la calidad*. Ministerio de Educación Nacional. https://www.mineduccion.gov.co/1759/articles-369045_recurso.pdf
- Ministerio de Educación Nacional. (2019). *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior*. Ministerio de Educación Nacional. <https://www.mineduccion.gov.co/sistemasinfo/Informacion-a-la-mano/212400:Estadisticas>
- Moreno, N., & Bautista, N. (2019). La educación STEM/STEAM como alternativa para las reformas educativas: una aproximación a su estado del arte desde la perspectiva filosófica. En N. Moreno, *Educación STEM/STEAM: Apuestas hacia la formación, impacto y proyección de seres* (1Ed, pp. 13-26). Fondo Editorial Universitario Servando Garcés.
- Mullis, I. M. (2009). *Timss 2011 Assessment Frameworks*. TIMSS & PIRLS International Study Center. Boston College.
- Organización de las Naciones Unidas. (2020). *Policy Brief: Education during COVID-19 and beyond*. ONU. https://www.un.org/development/desa/dspd/wp-content/uploads/sites/22/2020/08/sg_policy_brief_covid-19_and_education_august_2020.pdf
- Resolución 21795 de noviembre de 2020 [Ministerio de Educación Nacional]. DO 51.503. 19 de noviembre de 2020. https://www.mineduccion.gov.co/1759/articles-402045_pdf.pdf

- Reynders, G., Lantz, J., Ruder, S. M., Stanford, C. L., & Cole, R. (2020). Rubrics to assess critical thinking and information processing in undergraduate STEM courses. *International Journal of STEM Education*, 7(9). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00208-5>
- Salinas, M. (11 de octubre de 2019). La evaluación para el aprendizaje en la universidad: una ruta posible. Video. *EAFIT Noticias*. <https://www.eafit.edu.co/noticias/agenciadenoticias/2019/Cuales-son-los-nuevos-retos-para-evaluar-el-aprendizaje-de-los-universitarios>
- Schwartzman, G., Roni, C., Berk, M., Delorenzi, E., Sánchez, M., & Eder, M. (2021). Evaluación remota de aprendizajes en la universidad: decisiones docentes para encarar un nuevo desafío. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(2), 67-85. <https://doi.org/10.5944/ried.24.2.29078>
- Snyder, H. (2019). Literature Review as a Research Methodology: An Overview and Guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333-339.
- TKI. (2019). *Enabling, E-Learnig Teaching. Obtenido de What is STEM/STEAM?* TKI. <http://elearning.tki.org.nz/Teaching/Future-focused-learning/STEM-STEAM>
- Torraco, R.J. (2005). Writing Integrative Literature Reviews: Guidelines and Examples. *Human Resource Development Review*, 4(3), 356-367.
- Tshai, K. Y., Ho, J.-H., Yap, E. H., & Ng, H. K. (2014). Outcome-Based Education – The Assessment of Programme Educational Objectives for an Engineering Undergraduate Degree. *Engineering Education*, 9(1), 74-85. <https://doi.org/10.11120/ened.2014.00020>
- Tsupros, N., Kohler, R., & Hallinen, J. (2009). *STEM education: A project to identify the missing components*. Carnegie Mellon.
- Universidad del Desarrollo. Centro de Desarrollo de la Docencia. (2018). *Guía para redactar resultados de aprendizaje*. https://cdd.udd.cl/files/2018/11/Guia_para_Redactar_Resultados_de_Aprendizaje.pdf
- Vásquez, A. (2014). *Hacia un perfil docente para el desarrollo del pensamiento computacional basado en educación STEM para la média técnica en desarrollo de software* [Tesis de maestría, Universidad EAFIT]. Repositorio Universidad EAFIT. https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/5139/AlbertoV%C3%A1squezGiraldo_2014.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Wahono, B., Lin, P. -L., & Chang, C. -Y. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes. *International Journal of STEM Education*, 7(36), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00236-1>