



Curso Taller STEAM para Docentes: una evaluación formativa

STEAM Workshop Course for Teachers: A Formative Assessment

Atzimba Soto Calderón^{a*}, María Amparo Oliveros Ruiz^{b*}, Reyna Isabel Roa Rivera^{c*}

RESUMEN

Objetivo: evaluar el Curso Taller STEAM, impartido en línea, como un programa de desarrollo profesional docente a maestros de educación secundaria, el cual consistió en formar docentes en el diseño de un proyecto educativo basado en el enfoque STEAM.

Diseño metodológico: se implementaron seis módulos de aprendizaje y dos instrumentos semiestructurados; el primero evalúa los módulos y el segundo recopila los conocimientos obtenidos en el curso y aplicados en su práctica docente. Las respuestas se clasificaron de acuerdo a una adaptación del modelo de evaluación de la capacitación de Kirkpatrick.

Resultados: los resultados muestran un alto grado de satisfacción de los participantes y compromiso para su aplicación en el aula. Los docentes manifestaron que después del curso, han incorporado en su planeación didáctica las metodologías activas propias del modelo STEAM, estrategias para el desarrollo de habilidades para el siglo XXI y las tecnologías de la información.

Limitaciones: los resultados de esta investigación, están limitados por la circunstancia en la que el curso fue impartido: a distancia, debido a las condiciones de la emergencia sanitaria, ya que fue pensado originalmente, para impartirse de manera presencial.

Hallazgos: uno de los hallazgos importantes es haber identificado por parte de los profesores participantes, expresiones de confianza en los aprendizajes adquiridos y compromiso para llevarlos a la práctica en sus salones de clase. Se encuentra la necesidad que tienen los docentes de ejemplos y prácticas de contenidos curriculares aplicados al aula, del enfoque educativo STEAM.

ABSTRACT

Purpose: To evaluate the STEAM workshop course for teachers, taught online, as a teacher professional development program for secondary school teachers, which consisted of training teachers in the design of an educational project based on the STEAM approach.

Methodological design: Six learning modules and two semi-structured instruments were implemented; the first assesses the modules and the second compiles the knowledge obtained in the course and applied to their teaching practice. Responses were classified according to an adaptation of Kirkpatrick's training evaluation model.

Results: Results show a high degree of satisfaction from the participants in the course and commitment to put their learning into their praxis. Teachers stated that after the course, they incorporated the active methodologies of the STEAM model as well as strategies for the development of skills for the 21st century and information technologies into their didactic planning.

Research limitations: The results of this research are limited by the circumstance in which the course was taught, remotely, due to the conditions of the health emergency since it was originally intended to be taught on site.

Findings: An important finding is to have identified, from participating teachers, expressions of confidence in their learning acquisition and commitment to put it into practice in their classrooms. Additionally, there is a need of examples and practices of curricular content applied to the classroom of the STEAM educational approach for teachers.

*Universidad Autónoma de Baja California



Fecha de recepción: 8 de abril de 2022.

Fecha de aceptación: 25 de mayo de 2022.

Fecha de publicación: 24 de junio de 2022.



Palabras clave: formación docente, enseñanza de las ciencias, evaluación de cursos, educación STEM, aprendizaje en línea.



Keywords: Teacher training, Science teaching, course evaluation, STEM education, online learning.



Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación. CC-BY-NC-ND

INTRODUCCIÓN

La potencia de las computadoras y la conectividad están transformando de manera acelerada la forma de vivir de la sociedad. La automatización, la digitalización, la inteligencia artificial, el desarrollo de la biotecnología y las nano-ciencias, así como la necesidad de lograr los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS), propuestos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en la Agenda 2030 (ONU, 2020), y las estrategias para salir de la pandemia por la que atraviesa la humanidad, tienen en común, la convergencia de la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés).

Precisamente, las siglas STEM se crean en Estados Unidos con la intención de fomentar estas vocaciones. En la década de los 90, la *National Science Foundation* (NSF), comenzó a usar las siglas SMET (Sanders, 2009), y fue en el año 2001 cuando la bióloga Judith Ramaley, propuso usar STEM, con la finalidad de destacar en esas áreas del conocimiento (Scavone, 2018). El término evoluciona y en 2008, Georgette Yakman propone STEAM como un enfoque que integra de forma evidente la influencia del arte en STEM (Yakman, 2008).

Dentro de este marco evolutivo, y los cambios que esto acarrea en la industria, la economía y la sociedad, Klaus Schwab (2016), acuña el término de *Cuarta Revolución Industrial*; misma que requiere de trabajadores con una formación adecuada, que desarrollen las llamadas *habilidades para el siglo XXI*. De modo similar, diferentes organismos e instituciones internacionales coinciden en que la comunicación, colaboración, pensamiento crítico, creatividad, manejo y análisis de datos, alfabetización digital, y resolución de problemas; son indispensables para insertarse en el mundo laboral y ejercer una ciudadanía plena en el siglo XXI (Gras, Alí, y Segura, 2020).

Por otra parte, en el año 2005, la UNESCO alertó de una crisis en la enseñanza de las ciencias, planteó que las sociedades del conocimiento requieren de una serie de trabajadores calificados en ciencia y tecnología, y cuestionó si los sistemas de enseñanza tienen la capacidad para formarlos. Evidenció, además, la disminución de la matrícula de estudiantes en ciencia y tecnología, lo que supone un serio problema para satisfacer la demanda de mano de obra calificada en una sociedad basada en el conocimiento, la ciencia, la tecnología y la innova-

ción (UNESCO, 2005). Ante este tipo de competencias, es que la educación STEM se convierte en una tendencia mundial.

En la actualidad, STEM es considerada como un enfoque educativo para el cual Bybee (2013), propone como objetivos principales: *a)* Dotar a los futuros trabajadores de habilidades para el siglo XXI; *b)* El desarrollo de profesionistas de alto nivel, en ciencia, tecnología e innovación; y *c)* Alfabetización STEM de la sociedad. Balka, define la alfabetización STEM como “la habilidad de identificar, aplicar e integrar, conceptos de la ciencia, la ingeniería y las matemáticas para comprender problemas complejos e innovar para resolverlos” (2011, p. 7).

Múltiples propósitos han impulsado el enfoque educativo STEM desde distintos sectores de la sociedad. Aguilera *et al.* (2021) identifican a su vez, objetivos políticos, sociales y académicos. Entre los políticos se encuentra el interés de incrementar la competitividad económica, entre los académicos, incentivar el desarrollo de habilidades para el siglo XXI, (Chu *et al.*, 2018) y entre los sociales, la alfabetización STEM (Couso, 2017; Botero, 2018). Si bien, los enfoques han tenido diferentes énfasis en cada país, el logro de cualquiera de los objetivos está ligado a la preparación de los docentes para diseñar lecciones STEAM que busquen hacer realidad estos fines.

Así mismo, en México, Movimiento STEAM sostiene que este enfoque educativo puede ser una respuesta para alcanzar los objetivos de la Agenda 2030, fomentar la innovación y el emprendimiento, promover el desarrollo de habilidades para la Cuarta Revolución Industrial y, por último, mejorar la inclusión (Gras, Alí, y Segura, 2020).

En lo que se refiere al Sistema Educativo Mexicano, la Secretaría de Educación Pública (SEP), en el documento *Aprendizajes Clave para la Educación Secundaria*, dentro del Campo de Formación Académica: *Exploración y Comprensión del Mundo Natural y Social* (SEP, 2017), plantea como un objetivo que los estudiantes “adquieran una base conceptual para explicarse el mundo en el que viven, que desarrollen habilidades para comprender y analizar problemas diversos y complejos; en suma, que lleguen a ser personas analíticas, críticas, participativas y responsables” (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2019). Igualmente, señala que los profesores son modelos, es decir, que si pretenden fomentar en los estu-

diantes prácticas de análisis, búsqueda de información, planteamiento de hipótesis, los propios docentes deben antes ser capaces de llevarlas a cabo. (SEP, 2017)

Es por ello que, en la búsqueda de un marco de referencia en educación STEM, en el año 2019, la Alianza para la Promoción de STEM publica el documento *Visión STEM para México*, en donde establece, entre otras cosas, la importancia de impulsar en las escuelas estrategias pedagógicas que favorezcan el aprendizaje activo, situado, autorregulado, dirigido a metas y colaborativo (Alianza para la Promoción de STEM [AP STEM], 2019). Esto es, la formación y práctica docente tiene que estar habilitada en la dinámica que caracteriza a la educación STEM, es decir, un acto educativo donde colaboran y convergen diversas disciplinas, un trabajo interdisciplinar y transdisciplinar.

Si bien el desarrollo profesional docente ha de verse como una necesidad imprescindible para cualquier profesionista actual, el enfoque educativo STEAM representa desafíos particulares. En este sentido, Kim y Bolger (2016), plantean la necesidad de preparar a los profesores para impartir clases bajo el enfoque STEM. Pimthong y Williams (2018) recomiendan que las actividades de formación de profesores brinden oportunidades para la comprensión profunda del STEM. Por su parte Margot y Kettler (2019) analizaron que los profesores consideran que brindar frecuentes oportunidades de desarrollo profesional docente de calidad, en relación a STEM, facilitaría su implementación con éxito. En consecuencia, el diseño e implementación de cursos de formación STEM para profesores es una tarea que se debe abordar asegurando la calidad de contenidos pertinentes.

Existen diversas propuestas para implementar el enfoque STEM en el aula y, en este sentido, las metodologías activas de enseñanza brindan opciones que se ajustan a las necesidades de la sociedad actual (Muntaner, Pinya y Mut, 2020). En estas metodologías, el alumno es protagonista y responsable y el profesor sirve de guía y tutor, se trabaja en grupos y la evaluación es continua (Luelmo, 2018). Entre ellas, Moreira *et al.* (2020) identifican el aprendizaje basado en la investigación, el aprendizaje basado en problemas, el estudio de casos, el aula invertida. En este sentido, Domènech, Lope y Mora (2019) señalan que “el aprendizaje basado en proyectos, (ABP), es una metodología privilegiada para la concreción de los objetivos STEM” (pp. 2203-1). Entonces

de entre las metodologías activas, se considera el ABP como una que coincide con los propósitos del enfoque educativo STEAM.

Y es que, según lo plantean Larmer, Mergendoller y Boss (2015), el ABP promueve habilidades de pensamiento en los estudiantes como “la resolución de problemas, la responsabilidad, el trabajo colaborativo e independiente, el pensamiento crítico, gestión del tiempo, la comunicación” (p. 1). Estas últimas, todas habilidades que el enfoque STEAM propone desarrollar en los estudiantes. Así los proyectos STEM, a menudo, implican características de la metodología ABP (Pérez, Couso y Márquez, 2021). Es entonces que la metodología ABP se propone como trabajo final del curso taller STEAM para docentes.

La metodología de aprendizaje basado en proyectos, propuesta por Kilpatrick, en 1918, y cuyos antecedentes se pueden encontrar, en el trabajo de las escuelas de arquitectura, pintura y escultura, del siglo XVI (Larmer, Mergendoller y Boss, 2015), establece que un aprendizaje relevante se da a partir de un propósito. Son diversas las propuestas de implementación de ABP en el aula, por lo que Domènech, Lope y Mora (2019), identifican la necesidad de contar con marcos de referencia. En este sentido, el *Buck Institute for Education*, en coordinación con educadores y representantes de distintos países, establecen lo que denominan como el “Marco de referencia para ABP de alta calidad”, en el que detallan las características de una implementación de alta calidad del aprendizaje basado en proyectos: Desafío y logro intelectual, Autenticidad, Producto público, Colaboración, Gestión de proyecto y Reflexión (Boss y Larmer, 2018). Contar con un marco de referencia basado en evidencia, Permite una implementación más homogénea basada en un marco de referencia con estándares de calidad.

Entre los resultados de investigación que señalan los beneficios de llevar a cabo un ABP dentro de los estándares de calidad, se encuentra el de Krajcik *et al.* (2021), cuyo informe técnico sugiere que llevar a cabo el diseño de ABP de alta calidad, mejora el aprendizaje de las ciencias y las habilidades socioemocionales. Por su parte Fitzgerald (2020), describe como la implementación del ABP desafía el discurso de la escuela tradicional, brindando a los estudiantes oportunidades para explorar preguntas significativas desde la perspectiva interdisciplinaria, y llevar a cabo indagación, mediante la cual, los

estudiantes leen, interpretan y producen textos. Además, mientras trabajan en equipo para proponer soluciones a problemas del mundo real, desarrollan habilidades socioemocionales. Según un estudio de Álvarez (2021) realizado en una escuela bilingüe con estudiantes migrantes, en entornos diversos, el ABP dentro del marco de referencia, puede representar una oportunidad de educación inclusiva y de calidad para estudiantes con diversidad lingüística y social. Estas ventajas, se encuentran alineadas con los objetivos STEM, lo que convierte al ABP en una metodología de elección para este enfoque.

Se plantea entonces el objetivo de este estudio que es evaluar el Curso Taller STEAM impartido a distancia, como un programa de Desarrollo Profesional Docente para maestros de una secundaria pública en México. El cual consistió en formar docentes en el diseño de un proyecto educativo utilizando el enfoque STEAM, para ser implementado en el aula promoviendo en los estudiantes habilidades para el siglo XXI, vocaciones científicas y alfabetización STEM; mediante el uso de las metodologías activas.

Para efectos de esta investigación, se usan las siglas STEM cuando así lo refieran los documentos consultados y STEAM como una propuesta que integra el arte (A), reconociendo el papel de la creatividad en la innovación y el emprendimiento, indispensable en las soluciones propuestas por la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (Daugherty, 2013).

DESARROLLO

Desde la perspectiva de la formación docente, muchos factores se combinan en el aprendizaje de los estudiantes, sin duda, la calidad de la enseñanza es un punto focal por las posibilidades de intervención que brinda para mejorarla. En el documento publicado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE] (2005), *Teachers Matter* se propone pensar en el desarrollo profesional como una constante a lo largo de la carrera del docente, sugiere que sería más valioso “mejorar la inducción y el desarrollo profesional a lo largo de su carrera, en lugar de aumentar la duración de la educación previa al servicio”, (OCDE, 2005, p. 10).

De modo similar, el escrito publicado *Visión de Éxito Intersectorial. Cuatro Ejes Estratégicos*, por Movimiento STEM (Gras, Alí, y Segura, 2020), establecen como un

problema que los docentes en México no cuentan con habilidades STEM, ni digitales, ni conocimiento de los ODS, ni de la Cuarta Revolución Industrial. Por ello, proponen como uno de los ejes estratégicos para la educación STEM, la formación de docentes en STEM y en la Agenda 2030, capacitarlos sobre inclusión y género, brindarles oportunidad de conocer de primera mano la industria 4.0 y crear espacios para la reflexión sobre cómo llevar esas experiencias a las aulas, “lograr una estrategia efectiva de Desarrollo Continuo de los Docentes, en STEM, en forma de trayectorias formativas, que haga posible una Educación STEM de calidad para todos” (Gras, Alí, y Segura, 2020, p. 90).

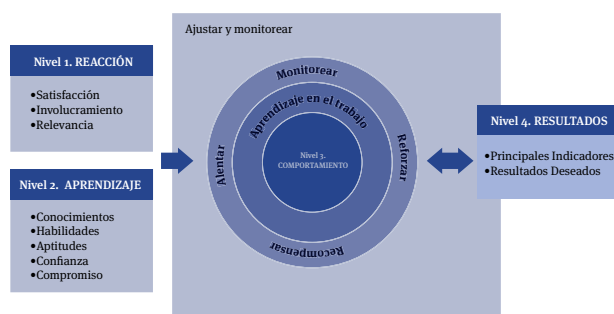
En el marco de la profesionalización docente en CTEM (ciencia, tecnología y matemáticas), Quílez *et al.* (2017) la conciben “como un trayecto evolutivo que permita formar profesores capaces de actuar de forma autónoma, críticos y comprometidos colectivamente en procesos de transformación propios, que impliquen una mejora en la educación científica de los estudiantes” (p. 114). En función de lo planteado, el Instituto Mexicano para la Competitividad, Imco, señala que en el primer trimestre de 2021, siete de las diez carreras mejor pagadas son STEM, y que solo tres de las carreras con mayor demanda en matrícula por los estudiantes, pertenecen a esta área, (Imco, 2021). En palabras de Marchesi (2009), puntualiza que “La calidad de la educación de un país, no es superior a la calidad de su profesorado” (p.7), en el mismo texto, también hace un llamado a “dotar a los futuros profesores de las competencias necesarias para acometer con éxito [...] la tarea de educar en la sociedad del conocimiento” (Marchesi, 2009, p. 8).

Ahora bien, el Desarrollo Profesional Docente (DPD) se define como “el proceso y actividades diseñadas para mejorar el conocimiento, las habilidades y actitudes de los docentes, para que, a su vez, puedan promover el aprendizaje de los estudiantes” (Guskey, 2000, p. 16). Respecto a la capacitación, Marcelo (2009) establece, que los programas de formación deben dar oportunidad a los profesores de aprender en la práctica, utilizando ejemplos, materiales escritos, casos, observación, entre otros materiales, que le permitan indagar y analizar la enseñanza. De ahí que, para impulsar el desarrollo profesional docente en el enfoque STEM, surgen en distintos países propuestas para promover la actualización de los profesores en servicio en las principales competen-

cias, el diseño instruccional y su implementación, como la Certificación en Educación STEM que ofrece la Academia de Ciencias de Nueva York, también la Organización de Estados Americanos (OEA), oferta un diplomado en educación STEM-STEAM y, en México, Movimiento STEAM ofrece programas de acreditación para profesores.

Asimismo, uno de los componentes importantes en la formación del profesorado, es la evaluación de esta, lo cual, ayuda a determinar si se alcanzan o no los objetivos propuestos y también permite una mejor comprensión del proceso, identificando oportunidades de mejora. Para efecto de este estudio, se utiliza el modelo de evaluación profesional presentado inicialmente por Donald Kirkpatrick (1959), quien planteó cuatro niveles para evaluar un programa de entrenamiento. Además, se adopta la versión más reciente de este modelo, ahora llamado Modelo de Kirkpatrick para el Nuevo Mundo (ver figura 1) [NWKM, por sus siglas en inglés], (Kirkpatrick y Kirkpatrick, 2016).

Figura 1. Nuevo Modelo de Kirkpatrick



Fuente: elaboración propia, adaptado de Kirkpatrick y Kirkpatrick (2016).

A continuación, se describe la propuesta de evaluación de cuatro niveles de Kirkpatrick, ahora modificada por Kirkpatrick y Kirkpatrick (2016, citado en Amedirh, 2017).

Nivel 1. Reacción

Es el grado en el que los participantes encuentran el entrenamiento favorable, atractivo y relevante para su trabajo. A continuación se describen cada una de estas dimensiones:

- *Satisfacción de los participantes:* en lo relativo al contenido del curso, los instructores y el contexto.
- *Involucramiento:* en qué medida los participantes se involucran activamente y contribuyen a la expe-

riencia de aprendizaje.

- *Relevante:* en qué medida los participantes consideran que tendrán la oportunidad de aplicar en el trabajo lo que aprendieron en el entrenamiento.

Nivel 2. Aprendizaje

Es el grado en el que los participantes adquieren el conocimiento objetivo, las habilidades, la actitud, la confianza y el compromiso basados en su participación en el entrenamiento. Dimensiones del aprendizaje:

- *Conocimientos:* en qué medida los participantes conocen la información.
- *Habilidades:* en qué medida saben cómo hacer algo o desempeñar cierta tarea.
- *Actitudes:* en qué medida los participantes consideran que vale la pena implementar en el trabajo, lo que aprendieron en el entrenamiento.
- *Confianza:* en qué medida los participantes consideran que serán capaces de hacer en el trabajo lo que aprendieron en el entrenamiento.
- *Compromiso:* En qué medida los participantes tienen la intención de aplicar en el trabajo, los conocimientos y habilidades aprendidas durante el entrenamiento. Se relaciona con la motivación.

Nivel 3. Comportamiento

Es el grado en el que los participantes aplican lo que aprendieron durante el entrenamiento una vez que regresan a su trabajo. En este nivel de evaluación se identifican e implementan los sistemas y/o controles requeridos, que permitan convertir el conocimiento en comportamientos, conductas y resultados. Los *controles requeridos* son procesos y sistemas que refuerzan, monitorean, animan y recompensan el desempeño de comportamientos críticos en el trabajo (Kirkpatrick y Kirkpatrick, 2016, p. 74)

Nivel 4. Resultados

Es el grado en el que se producen los resultados esperados del programa y estos contribuyen al resultado más alto de la organización. En este nivel es importante identificar los indicadores líderes que se traducen en observaciones y medidas, que sugieren que los comportamientos críticos que contribuyen positivamente en la obtención de los resultados deseados se están llevando a cabo.

DISEÑO METODOLÓGICO

El método que se utilizó para evaluar el curso taller fue de carácter mixto. El enfoque mixto de investigación integra lo mejor de los enfoques, cuantitativo y cualitativo, y es tan valioso como éstos (Hernández y Samperio, 2018), a la vez que minimiza las limitaciones de cada enfoque por separado (Osorio y Castro, 2021). La integración permite obtener una visión más completa del fenómeno, ampliando su comprensión (Chávez, 2018). En este sentido, para efecto de este estudio, se aplicaron dos instrumentos en la recolección de la información. El primero, registra la evaluación de los docentes al finalizar cada uno de los módulos, su diseño consistió en una serie de ítems medidos en una escala de Likert y siete preguntas abiertas. El segundo, se aplicó cuatro meses después de terminado el curso, el cual recolectó información acerca de la aplicación de lo aprendido por parte de los docentes, el diseño de este segundo instrumento integró tres preguntas con escala Likert y tres preguntas de opción múltiple.

De las respuestas abiertas del primer instrumento, se realizó un análisis de contenido del discurso de los profesores, a partir de lo cual se determinaron las categorías en función del modelo de Kirkpatrick y Kirkpatrick (2016).

El curso se impartió a 24 profesores de nivel medio básico en una secundaria pública, quienes se inscribieron y permanecieron de forma voluntaria en el mismo. La muestra de análisis corresponde a 17 profesores, los cuales respondieron el instrumento de evaluación al final de cada módulo.

El curso taller comprendió 6 módulos impartidos en sesiones síncronas de 90 minutos en la plataforma *Meet*, uno cada semana, así como foros de discusión asíncronos en la plataforma *CourseSites by Blackboard*; y un trabajo final, cuyos objetivos y actividades se describen a continuación:

Módulo 1. Introducción al modelo STEAM.

- Objetivo: conocer el modelo STEAM, conceptos y componentes que lo definen, a través de un marco de referencia internacional y nacional.
- Sesión síncrona: introducción al modelo STEAM: antecedentes, Cuarta Revolución Industrial, Agenda de la ONU 2030, habilidades para el siglo XXI.

Módulo 2. Los métodos de la Ciencia y la Ingeniería.

- Objetivo: reconocer la importancia del aprendizaje activo en la enseñanza de las ciencias, con la finalidad de diseñar una secuencia didáctica sobre un contenido curricular de una asignatura.
- Sesión síncrona: se abordan las características de metodologías activas, como la indagación, el pensamiento de diseño, el diseño de ingeniería, el aprendizaje basado en retos y el aprendizaje basado en proyectos.

Módulo 3. Aprendizaje Basado en Proyectos.

- Objetivo: reconocer el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) como una herramienta pedagógica, a través de la instrumentación y aplicación de técnicas y procedimientos orientados al modelo STEAM.
- Sesión síncrona: se abordan los detalles de la planeación de un ABP y se comparten experiencias de su implementación, por parte de docentes de la universidad.

Módulo 4. Creatividad, Innovación y Emprendimiento en Ciencia.

- Objetivo: impulsar en el aula la creatividad, la innovación y el emprendimiento, así como reconocer el valor del quehacer científico y tecnológico en el desarrollo económico, social, político de una sociedad del siglo XXI.
- Sesión síncrona: se realiza un panel de expertos integrado por emprendedores STEM que comparten y motivan a los docentes con sus experiencias.

Módulo 5. Actividades STEAM.

- Objetivo: participar en un taller colaborativo e interdisciplinario bajo la conducción de especialistas STEAM, con la finalidad de involucrarse y vivir las experiencias de aprendizaje activo para extra-polarlas a su propia aula.
- Sesión síncrona: los docentes, bajo la conducción de especialistas de áreas STEM, participan en diversos talleres “hands on”.

Módulo 6. Presentación de Proyectos.

- Objetivo: presentar una propuesta de proyecto acorde con el modelo STEAM, que evidencie el aprendizaje obtenido a lo largo del Curso Taller STEAM para Docentes.
- Sesión síncrona: los docentes organizados en equipos presentan una secuencia de aprendizaje basado en proyectos.

- Actividades asíncronas: diseño en equipos del proyecto final antes de la presentación.

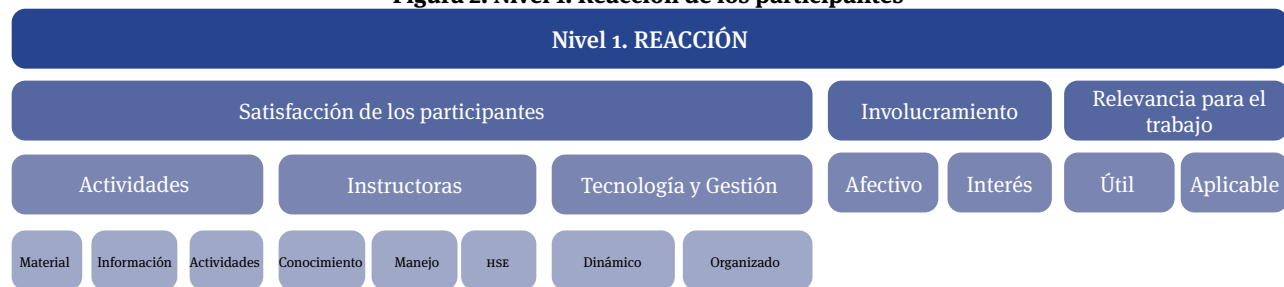
De un total de 24 profesores inscritos, 16 mujeres y 8 hombres, solo 17 profesores respondieron al cuestionario de evaluación del curso en cada módulo; estos profesores imparten materias de física, química, matemáticas, biología, tecnología, español, formación cívica y ética, inglés, orientación, geografía e historia.

De acuerdo con el primer instrumento, en donde los docentes realizan una evaluación de los módulos, fue adaptado por el Centro de Actualización Docente, Facultad de Química, UNAM (CAD, 2018), elaborado en Google Forms y aplicado al término de cada módulo. Se integran tres preguntas cerradas, bajo una escala de Likert: muy bien (1), bien (2), regular (3), mal (4) y muy mal (5), que evalúa diferentes aspectos de la satisfacción de los par-

ticipantes, 1) actividades del curso, 2) las instructoras y 3) la tecnología, materiales y gestión empleados. Este primer cuestionario comprendió, además, siete preguntas abiertas.

Para trabajar el **nivel 1** del modelo de Kirkpatrick y Kirkpatrick (2016), se utilizaron tanto las respuestas de las preguntas con escala Likert, como las respuestas de las tres primeras preguntas abiertas: 1) *Comentarios o sugerencias para mejorar las actividades*, 2) *Comentarios o sugerencias para mejorar las instructoras*, y 3) *Comentarios o sugerencias para mejorar la tecnología empleada, materiales y gestión*. Se realizó un análisis de contenido y se obtuvieron tres dimensiones: *satisfacción de los participantes*, *involucramiento* y *relevancia para el trabajo*, así como las categorías y códigos correspondientes para cada dimensión, como se visualiza en la figura 2.

Figura 2. Nivel 1. Reacción de los participantes



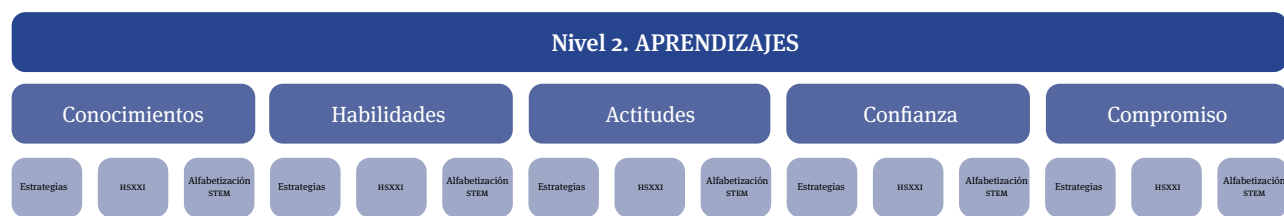
Fuente: elaboración propia.

Dentro de las respuestas a estas tres primeras preguntas abiertas, además de las dimensiones clasificadas en el nivel 1, los profesores hicieron una serie de comentarios respecto a las áreas de oportunidad que ellos detectaron en el curso, estos comentarios se analizaron y se catalogaron en torno al *contenido*, a las *instructoras* y al *proceso*.

Por otra parte, para evaluar el **nivel 2**, basado en el modelo de Kirkpatrick y Kirkpatrick (2016), se realizó nuevamente un análisis de contenido a las respuestas

de los profesores, a las preguntas abiertas cuatro y cinco del primer cuestionario: 4) *Describe los aprendizajes más significativos que logró en este módulo*. 5) *¿Reconoce alguna diferencia en su actitud respecto a los temas que se abordaron antes y después del desarrollo del módulo?* Los comentarios se clasificaron de acuerdo con las dimensiones propuestas en el nivel 2, éstas se categorizaron atendiendo a los objetivos del curso: *estrategias de aprendizaje*, *habilidades para el siglo XXI* y *alfabetización STEM*, según la figura 3.

Figura 3. Nivel 2. Aprendizajes



Fuente: elaboración propia.

Además, se analizaron los comentarios de los profesores al planteamiento número seis del primer cuestionario: 6) *Mencione qué otros aspectos le hubiera gustado conocer sobre el tema de este módulo, además de lo abordado durante la sesión.* Para ello, se clasificaron en torno a las *estrategias*, las *habilidades para el siglo XXI* y la *alfabetización STEAM*.

Finalmente, se analizaron las respuestas de los profesores a la pregunta: 7) *Otros comentarios y sugerencias.* De igual forma, las respuestas fueron categorizadas en torno al *contenido*, las *instructoras* y el *proceso*.

Respecto al segundo cuestionario aplicado vía Google Forms, cuatro meses después de terminado el curso; se preguntó a los profesores, utilizando la escala: mucho

(5), suficiente (4), medianamente (3), poco (2), muy poco (1) y nada (0), en qué medida han incluido en su planeación: a) las metodologías activas de enseñanza, b) las tecnologías de la información y c) las habilidades para el siglo XXI. Además, las preguntas de opción múltiple, sirvieron para determinar cuántos profesores habían integrado en sus planeaciones didácticas las metodologías activas, las tecnologías de la información y las habilidades para el siglo XXI.

En consecuencia, las respuestas a este cuestionario de seguimiento, se utilizaron para hacer una aproximación al **nivel 3** de evaluación del modelo de Kirkpatrick y Kirkpatrick (2016), según se muestra en la figura 4.

Figura 4. Nivel 3. Comportamientos críticos



Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos del primer instrumento se describen a continuación. Para evaluar el **Nivel 1. Reacción**, del modelo de Kirkpatrick y Kirkpatrick (2016), que comprende las dimensiones de satisfacción de los participantes, involucramiento y relevancia; primero se presenta el análisis de las preguntas cerradas con escala Likert. La tabla 1 **Nivel 1. Reacción, satisfacción de los participantes** muestra el porcentaje promedio de los seis módulos del curso, de los 17 participantes, que respondieron muy bien (1) a cada uno de los ítems.

El nivel de satisfacción más alto de los participantes se da en relación con la atención que recibieron por parte de las instructoras, consideran que se desarrolló muy bien (1) en un ambiente de confianza durante las sesiones (96.9%), que estuvieron pendientes de las necesidades del grupo (98.0%) y gestionaron muy bien (1) los problemas o las dudas de los participantes (97.8%). No así, en lo que se refiere a brindar los materiales o archivos de trabajo en tiempo y forma, solo 90.9% de los profesores lo consideró muy bien (1). También, la percepción de si la enseñanza se adaptó a las características del grupo (91.7%), y si el orden de las actividades fue adecuado para la comprensión de los temas (91.9%).

Tabla 1. Nivel 1. Reacción, satisfacción de los participantes

De las actividades	
De la puntualidad en el desarrollo de las actividades.	94.0 %
El orden de las actividades fue adecuado para la comprensión del tema.	91.9 %
Los apoyos didácticos (videos, presentaciones, etc.) fueron útiles para la comprensión del tema.	93.9 %
El contenido del módulo es útil para su práctica docente.	93.9 %
El contenido del módulo satisfizo su interés de actualización.	93.8 %
Promedio del curso	93.5 %
De las instructoras	
Dominaban el tema que abordaron durante este módulo.	94.1 %
Desarrollaron un ambiente de confianza durante la sesión.	96.9 %
Adaptaron la enseñanza a las características del grupo.	91.7 %
Motivaron el aprendizaje del tema.	94.9 %
Dispuso toda la información para realizar las tareas.	95.9 %
Promedio del curso	94.8 %
De la tecnología empleada, materiales y gestión.	
Fueron adecuados para el desarrollo de las actividades propuestas.	91.5 %
Se brindaron los materiales y/o archivos de trabajo en tiempo y forma para el desarrollo de las actividades.	90.9 %
Las herramientas tecnológicas empleadas son adecuadas para el desarrollo de las actividades propuestas.	93.5 %
La coordinadora se mantuvo pendiente de las necesidades del grupo.	98.0 %
La coordinadora ha gestionado los problemas o dudas de los participantes.	97.8 %
Promedio del curso	94.3 %

Fuente: elaboración propia.

La tabla 2 **Nivel 1. Reacción**, comprende los resultados de las tres primeras preguntas abiertas del primer cuestionario. Se muestra la frecuencia (f), y el porcentaje (%) de 95 comentarios analizados en total para este nivel.

Tabla 2. Nivel 1. Reacción

Dimensiones	Categoría	f	%	Código	f	%
Satisfacción de los participantes	Contenido	12	16.9%	Material	7	7.4 %
				Información	3	3.2 %
				Actividades	2	2.1 %
	Instructoras	49	69.0%	Conocimiento	13	13.7 %
				Manejo	9	9.5 %
				HSE	27	28.4 %
	Proceso	10	14.1%	Dinámico	4	4.2 %
				Organizado	6	6.3 %
Involucramiento	Afectivo				7	7.4 %
	Interés				5	5.3 %
Relevancia para el trabajo	Útil				7	7.4 %
	Aplicable				5	5.3 %
		95	100 %			

Fuente: elaboración propia.

Se observa que 74.7% (71) de los comentarios, corresponden a la dimensión *Satisfacción de los participantes*, la categoría *Instructoras* tiene 69% (49), siendo el código habilidades socio emocionales (HSE), el que tiene el mayor porcentaje de incidencia, con 28.4% (27) de los 95 registros totales que se tiene para este nivel. En ellos, los profesores puntualizaron que las habilidades socio emocionales (HSE), fueron desarrolladas por las instructoras durante el curso; reconocieron en ellas, respeto, empatía, disposición, amabilidad; aquí algunos comentarios expresados:

“Cada una de las maestras desarrollaron su tema excelentemente y nos dan la confianza para poder participar”.

“Continuar con esa actitud positiva, que motiva al aprendizaje”.

En cuanto al *Contenido del curso*, 12.7% (12), refieren que el material que se les proporcionó, los apoyos didácticos y los ejemplos, fueron buenos y útiles, como lo muestran los siguientes ejemplos:

“Me encantan todos los apoyos didácticos que utilizan para dejar mas [sic] claros los temas...”.

“Muy buenas actividades para el aprendizaje en el trabajo de proyectos”.

En la misma línea, 7.4 % (7) de las respuestas, dan cuenta de un *involucramiento* afectivo de los docentes con el programa, aquí se destacan algunos, respecto a la emoción y el gusto por participar en el curso:

“Me encantaron las actividades, estaba emocionada como niña chiquita tratando de hacerlas”.

“Me encantó ver esa labor que hacemos ahora de lado del alumno...”.

Los profesores también se *involucraron* mostrando interés por aprender, con 5.3% (5) de sus respuestas, el curso les pareció interesante o los enriquece, por ejemplo, esta valoración

“Este curso me parece una excelente oportunidad para aprender e innovar”.

Con 12.6% (12) de los comentarios analizados, los maestros reconocen que el curso STEAM es *relevante* para su trabajo, encontrándolo útil y aplicable, por ejemplo:

“Información muy util [sic] al contexto de nuestra escuela”.

“Contenido interesante y de acuerdo con nuestra realidad educativa”.

Además, las tres primeras preguntas abiertas del primer cuestionario, también se utilizaron para categorizar 32 comentarios de los profesores en los que se refieren, específicamente, a las oportunidades de mejora que vieron en el curso. La tabla 3 **Oportunidades de mejora**, muestra la frecuencia y porcentaje en sus distintas dimensiones.

Tabla 3. Oportunidades de mejora

Contenido		Instructoras		Proceso	
46.9%		12.5%		40.6%	
Ejercicios	Más	Atención	HSE	Manejo del	Gestión
de	información			Tiempo	
Aplicación					
28.1%	18.8%	3.1%	9.4%	28.1%	12.5%

Fuente: elaboración propia.

Del total analizado, la solicitud por ejercicios de aplicación tiene 28.1% de las entradas, los docentes externan su deseo de hacer más ejercicios, prácticas y que se les

brinden más ejemplos e información. Los testimonios siguientes lo ejemplifica:

“... más actividades prácticas...”.

“proporcionar más información respecto al trabajo STEAM dentro de un ABP en educación secundaria”.

El manejo del tiempo tiene también un alto porcentaje de referencias en los textos, con 28.1 %, les pareció que las sesiones fueron, muy apresuradas, o se extendieron más allá del tiempo establecido. En lo que se refiere a las recomendaciones para las instructoras, 12.5%, se dividen entre la atención y las Habilidades Socio Emocionales, y lo expresan a manera de invitación, como lo muestran los ejemplos siguientes:

“Continuar desafiando las capacidades de los docentes para llevar a cabo el trabajo por proyectos”.

“Continuar motivando a los docentes a implementar el ABP”.

Ahora bien, para evaluar el aprendizaje de los docentes en el curso que corresponde al **nivel 2** del modelo de Kirkpatrick y Kirkpatrick (2016), se analizaron 155 comentarios, que corresponden a las preguntas 4 y 5 del primer cuestionario, aplicado al final de cada módulo. Las respuestas, se muestran en la tabla 4 **Nivel 2. Aprendizaje**, según las dimensiones establecidas para este nivel y las categorías objetivo del curso.

Tabla 4. Nivel 2. Aprendizaje

Categorías	Dimensiones				
	Conocimientos	Habilidades	Actitudes	Confianza	Compromiso
100%	26.7%	26.7%	17.4%	11.6%	11.6%
Estrategias	45.6 %	39.1 %	29.6 %	66.7 %	38.9 %
HSXXI	15.2 %	60.9 %	37.0 %	27.8 %	27.8 %
Alfabetización	39.1 %	0.0 %	33.3 %	5.6 %	33.3 %
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: elaboración propia.

Del 53.4% (92) de las respuestas, conocimientos y habilidades (26.7%) manifiestan los docentes haber adquirido durante el curso. Y de estas dos dimensiones, las estrategias didácticas y las habilidades para el siglo XXI, son las categorías con mayor cantidad de comentarios. Se presentan algunas de las expresiones de los profesores,

con respecto a lo que han aprendido a cerca de las características de la ciencia, la didáctica de las matemáticas, el aprendizaje basado en proyectos y la importancia de las habilidades para el siglo XXI:

“La ciencia es impredecible, dinámica. La didáctica de las matemáticas permite que haya varias respuestas correctas, invita a considerar el contexto de los estudiantes”.

“Los proyectos son transversales. Se pueden abordar desde diversas asignaturas”.

“Rescato y valoro la empatía, el trabajo colaborativo, la importancia de seguir preparándonos, sobre todo en este tema tan necesario en la actualidad”.

De las respuestas, 17.4% (27) de los profesores reconocen haber tenido un cambio en su actitud respecto de las estrategias, las habilidades para el siglo XXI y la alfabetización STEAM. Los siguientes comentarios se refieren a esta distinta perspectiva, respecto del trabajo de equipo, la creatividad y la interrelación entre la ciencia, la tecnología y la ingeniería con la vida cotidiana:

“...a veces a uno se le cierra el mundo al momento de innovar y aquí nos enseñaron que hay tantas cosas con las cuales presentar nuestras clases”.

“...la motivación hacia la posibilidad del trabajo en equipo e interdisciplinario”.

“...otra visión, la creatividad en el desarrollo, diseño y planeación de proyectos. Disponibilidad”.

“...creo que hoy pude entender cómo la ciencia, la tecnología, la ingeniería, y, en fin, la vida cotidiana, están relacionadas entre sí”.

Así mismo, 11.6% de las respuestas, señalan la confianza de los docentes en que serán capaces de llevar a sus aulas los aprendizajes adquiridos en el curso. En el siguiente comentario, un profesor escribe que, después del curso, se siente más capaz de trabajar por proyectos y usar la tecnología.

“Me siento más capaz de trabajar con proyectos con mis alumnos, así como en el uso de nuevas

aplicaciones tecnológicas”.

De igual forma, en 11.6% de las respuestas registradas, los profesores declaran la intención de llevar a la práctica, los conocimientos y habilidades adquiridos. Aquí la respuesta de un profesor, quien reconoce que en el curso adquirió conocimientos que puede aplicar y compartir con sus estudiantes:

“...ahora poseo nuevos conocimientos para aplicarlos y compartirlos con mis alumnos”.

A partir de las respuestas de los profesores a la sexta pregunta abierta del cuestionario: “Mencione que otros aspectos le hubiera gustado conocer”; en la tabla 5 **Otros aspectos**, se presentan los 47 comentarios que se agruparon de acuerdo con las categorías objetivo del curso.

Tabla 5. Otros aspectos

Estrategias		Habilidades	Alfabetización
Cómo aplicarlo	Metodologías	Evaluación STEAM	
65.9 %	17.0 %	4.3 %	8.5 %

Fuente: elaboración propia.

Señalan los profesores (65.9%), que les hubiera gustado conocer cómo aplicar los conocimientos que se impartieron a lo largo de los módulos del curso. Esta percepción, de cómo aplicarlo o abordarlo en una clase modelo, algunos lo exponen de la siguiente forma:

“Una clase modelo seria excelente”.
“A lo mejor un ejemplo de cómo lo puedo utilizar en la materia que imparto”.
“Mayor énfasis en alguna actividad aplicada en secundaria, relacionada con STEM, por parte de algún ponente”.
“...estrategias didácticas, recursos y pasos como docentes que debemos seguir”.
“Diseño de instrumentos de evaluación pertinentes para evaluar un proyecto”.

La solicitud final del primer cuestionario aplicado al terminar cada uno de los módulos, corresponde a la pregunta abierta número 7, en donde se les solicitó a los profesores escribieran algún otro comentario o sugerencia. La tabla 6. **Comentarios y Sugerencias**, muestra un

total de 27 respuestas registradas, las cuales se clasificaron en comentarios (40.7%) y sugerencias (59.3%), mismas que fueron divididas en lo que refiere al *contenido*, al *proceso* o a las *instructoras*, respectivamente.

Tabla 6. Comentarios y Sugerencias

	Contenido	Proceso	Instructoras	Total
Comentarios	36.4%	18.2%	45.4%	100%
Sugerencias	50.0%	6.2%	43.8%	100%

Fuente: elaboración propia.

La mayoría de los comentarios (45.4%), son respecto al proceso, el diseño, desarrollo del curso y la motivación que este les generó; como lo expresa una profesora de la siguiente manera:

“Me ha agradado el desarrollo que se le ha dado a los módulos, y esto me mantiene motivada a continuar”.

La mitad (50%) de las sugerencias de mejora del curso, refieren al contenido de el mismo, principalmente inquietudes respecto de la aplicación de los conocimientos:

“Apoyo en adecuar contenido entre materias”.
“Ejemplos en el salón de clase”.

También, menos de la mitad de las sugerencias (43.8%), se relacionan con el proceso, entre las que destacan las relacionadas al manejo del tiempo, ya sea porque los profesores sienten que el curso va de prisa o porque falta tiempo en cada sesión para ver los temas, como lo expresa el siguiente profesor:

“Los temas del modulo[sic] fueron interesantes, aunque falta[sic] tiempo para analizar en forma el proyecto”.

Ahora bien, respecto al segundo instrumento, de los 24 maestros que inicialmente participaron, solo 8 profesores respondieron el cuestionario de seguimiento aplicado cuatro meses después de concluido el curso. De ellos, cinco imparten materias de ciencias y matemáticas y tres profesores imparten otro tipo de asignaturas. La tabla 7. En la planeación didáctica propuesta. Las respuestas de los profesores a la pregunta de ¿en

qué medida has incluido en tu planeación metodologías activas? ¿Tecnologías de la información? ¿Habilidades para el siglo XXI?

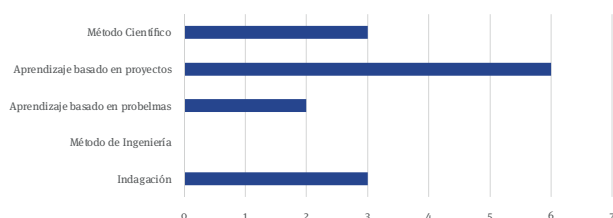
Tabla 7. En la planeación

	Metodologías Activas	Tecnologías de la Información	HSXXI
Mucho	0 %	25 %	12.5 %
Suficiente	50.0%	25 %	50 %
Medianamente	37.5 %	50 %	37.5 %
Poco	12.5 %	0	0
Muy poco	0	0	0
Nada	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

En relación con las metodologías activas, la mitad de los profesores (50%) manifestaron haberlo incluido en su planeación de forma suficiente, siendo el aprendizaje basado en proyectos, la más utilizada, seguido por el método científico y la indagación (ver la figura 5).

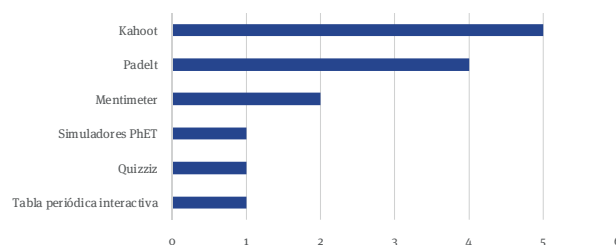
Figura 5. Metodologías



Fuente: elaboración propia.

En lo que respecta a las tecnologías de la información, la tabla 7 presenta que, la mitad (50%) de los profesores puntualizan haberlas incluido mucho (25%) en la planeación, y de forma suficiente (25%). Cabe mencionar que, las herramientas tecnológicas que más emplearon en sus planeaciones fueron el Kahoot! y el Padlet, como se observa en la figura 6. Es importante señalar que estos dos recursos tecnológicos fueron vistos a detalle durante el curso. Entre las otras herramientas que se incluyeron están los simuladores PhET, tabla periódica interactiva y Quizizz.

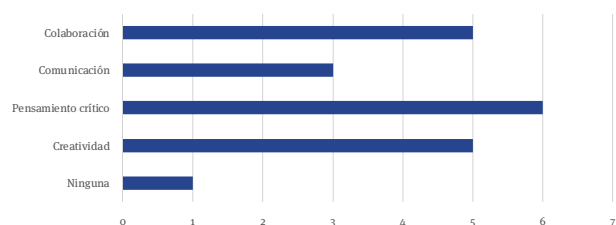
Figura 6. Tecnologías de la Información



Fuente: elaboración propia.

Para las habilidades del siglo XXI, la tabla 7 registra que el 62.5% de los maestros considera que lo han incluido *mucho* y *suficiente*, de forma intencional en su planeación. La figura 7 refleja qué habilidades integran, siendo el pensamiento crítico, la colaboración y la creatividad, las de mayor aportación.

Figura 7. Habilidades para el siglo XXI



Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

No existe aún un consenso general mundial para formar profesores en STEAM, hay diversas propuestas y aproximaciones distintas, sin embargo, es importante dar seguimiento a los programas de formación STEAM que se implementan, con la finalidad de evaluarlos de manera formativa y mejorarlos, de modo que los profesores que participen lleven a las aulas los aprendizajes, los apliquen en su planeación y puedan impactar en el desarrollo de habilidades para el siglo XXI, alfabetización STEM y un incremento de las vocaciones en ciencia y tecnología entre sus estudiantes.

El análisis de los resultados recopilados del cuestionario de evaluación de cada uno de los módulos por parte de los profesores arroja que, en general, el Curso Taller STEAM para Docentes les pareció muy bien puesto que, más del 90 % de los maestros otorgó calificaciones satisfactorias en lo que se refiere a las actividades, las instructoras, la tecnología, los materiales y

la gestión. Esto coincide con lo encontrado por Küçük (2020), respecto a generar una actitud positiva de los profesores participantes sobre el entrenamiento formativo recibido de STEAM. Lo anterior pone de manifiesto que un curso de formación y desarrollo profesional docente organizado, con instructores preparados, que utilizan la tecnología pertinente al enfoque pedagógico, promueve actitudes y habilidades que se busca, a su vez, se generen en sus propios estudiantes. Sin embargo, debe tenerse presente que son las actividades prácticas vivenciales las que detonan la motivación y la actitud del docente de cara a su formación.

Con un alto porcentaje de comentarios por parte de los profesores, se hace énfasis en la necesidad de conocer cómo aplicar en su clase el enfoque STEAM, es decir, la necesidad de visualizar con más ejemplos y prácticas educativas su integración curricular en la disciplina. Lo que converge con la propuesta de preparación de profesores, mediante la representación, descomposición y aproximación a las prácticas de la profesión docente (Grossman, 2011). En este sentido, también Küçük (2020) propone presentar ejemplos de aplicación de actividades de enseñanza con enfoque STEM en el aula. Por su parte, Marcelo (2009) también hace énfasis en que el desarrollo profesional docente debe ir acompañado de aprendizaje práctico, brindando la oportunidad de indagación y análisis. Si bien curricularmente los profesores están formados en su disciplina, se observa que ajustar el contenido al modelo STEAM resulta desafiante, dado que requieren ejemplos prácticos como referente, lo que muestra la necesidad de fortalecer el conocimiento pedagógico del contenido disciplinar, además de fortalecer las formas de integrarlo entre las disciplinas.

Respecto al cuestionario de seguimiento, los profesores dicen que han incorporado en su planeación tanto las metodologías propuestas por el enfoque STEM, las habilidades del siglo XXI y las tecnologías de la información; lo que coincide con una revisión de varias investigaciones realizada por Wilson (2011), quien encontró que los maestros que habían participado en programas de desarrollo profesional docente, informaron de un aumento en sus conocimientos y habilidades y los asociaron con cambios positivos en su práctica (Wilson, 2011). Lo anterior, hace evidente la trascendencia del aprendizaje a lo largo de la vida, y que un docente al igual que otros profesionistas, debe actualizarse constantemente en

los modelos pedagógicos vigentes y que, los responsables de esta formación, necesitan asegurar la calidad de su instrucción mediante la evaluación y seguimiento de los cursos que imparten a los profesores.

El hecho de que los profesores incorporen en su planeación las herramientas tecnológicas abordadas durante el curso, expresan la necesidad que Lozano *et al.* (2018) identifican como una competencia necesaria de los profesores STEM utilizar las tecnologías de la información para desarrollar aprendizaje y conocimiento. Incluso, llegar más lejos, en tanto los docentes adquieren las habilidades para emplear las herramientas digitales, las potenciarán en los estudiantes (Quílez *et al.* 2017). En este sentido, la alfabetización en tecnologías digitales y de información resulta ser fundamental en los docentes para que, ellos a su vez, diseñen procesos de enseñanza que además de promover conocimientos disciplinares, logren que sus estudiantes superen las barreras tecnológicas asociadas a su contexto.

Uno de los hallazgos importantes es haber identificado expresiones de confianza por parte de los profesores que participaron en el curso, respecto a los aprendizajes adquiridos y el compromiso para llevarlos a la práctica en sus salones de clase. Esto también se corrobora con el hecho de que, más de la mitad de los encuestados, en sus planeaciones didácticas, han incorporado las metodologías activas, las habilidades para el siglo XXI y las tecnologías de la información. La asociación entre la confianza de los profesores para impartir educación STEM y el rendimiento de los estudiantes, motivaron el estudio de Nadelson *et al.* (2013), quienes encontraron un aumento significativo de la eficacia y la percepción de los maestros sobre STEM, luego de haber participado en un programa de desarrollo profesional docente.

CONCLUSIONES

La evaluación del Curso Taller STEAM para docentes utilizando el nuevo modelo de Kirkpatrick, muestra una reacción positiva de los participantes entorno a la formación recibida, también hace evidente que los profesores consideran haber adquirido nuevos conocimientos, habilidades y actitudes, respecto del enfoque STEM para la enseñanza de la ciencia, la tecnología y las matemáticas. Así también, los profesores consideran que ha habido cambios en su actitud y que han adquirido

confianza y compromiso para implementar en sus clases estos aprendizajes, como son las metodologías activas y las tecnologías de la información.

Este trabajo muestra la posibilidad de considerar la formación en línea como una opción viable de formación de docentes STEAM, al menos para cursos introductorios, permitiendo la optimización de recursos y logrando el mayor alcance posible. Por otra parte, al ser un proyecto que nace en el seno de una universidad pública, permite la transferencia de conocimientos y experiencias de pedagogos, ingenieros, científicos y emprendedores del área STEM, en los niveles educativos previos a la formación universitaria.

El desarrollo profesional en línea para docentes tiene una amplia gama de ventajas, como la flexibilidad y los costos, tanto para el docente como para quienes lo imparten. Pero debe reconocerse que por sí misma la tecnología no puede lograr los resultados deseados, lo que depende, más bien, del diseño pedagógico de los participantes, duración, contexto, entre otros (Fishman, 2016).

Por otra parte, el uso masivo de los teléfonos celulares, las redes sociales, la cantidad de datos que a mayor velocidad cada vez permiten transmitir las conexiones de internet, han hecho posible en unos pocos años la evolución de la era digital, lo que ha permitido diversificar las experiencias de aprendizaje. Ahora es posible aprender casi cualquier cosa desde, prácticamente, cualquier lugar con una conexión a internet. Los recursos educativos, incluso, pueden ser co-creados entre pares, como es el caso de las wikis, se comparten las experiencias, ideas y contenidos en blogs, foros de discusión y redes sociales (Dede y Eisenkraft, 2016).

Finalmente, los resultados de esta investigación son limitados por las circunstancias en las que el curso fue impartido debido a la emergencia sanitaria, ya que fue pensado, originalmente, para impartirse de manera presencial. Aun así, fue posible mantener el interés de los profesores a lo largo del mismo, lo que se demostró con su permanencia. El cambio a brindar la instrucción en línea, demuestra las posibilidades de esta modalidad para la formación continua de los maestros.

Contribuciones a futuras líneas de investigación

Si se considera la propuesta que Ball y Forzani (2009)

realizan en torno a la preparación de los docentes, donde señalan que debe haber un cambio de perspectiva desde lo que se considera que los maestros deben saber, hacia lo que necesitan saber hacer. En futuras investigaciones será importante hacer un seguimiento de la implementación de los aprendizajes adquiridos por los profesores y su impacto en los estudiantes, pero también en la comunidad escolar. Lo anterior podría contribuir a subsanar la falta de evidencia empírica de la efectividad de los programas de formación docente, especialmente, de docentes STEM (Wilson, 2011).

Se podría incluso plantear hacer una evaluación de la propia evaluación (Lozano, Orquín, Segura, y Thibaut, 2018); con el ánimo de mejorar el proceso y hacer una propuesta de diseño, que defina los comportamientos observables que se desea desarrollar en los profesores, determinar los indicadores a medir, y establecer los sistemas que permitan monitorear, reforzar, alentar y recompensar (Kirkpatrick y Kirkpatrick, 2016), la puesta en marcha en las aulas de estos aprendizajes.

REFERENCIAS

- Aguilera, D., Lupiáñez, J., Perales, J. y Vílchez, J. (2021). *Objetivos de la educación STEM. Revisión sistemática* [Archivo PDF]. Lisboa, Portugal. Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2021. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/354605741_Objetivos_de_la_educacion_STEM_Revision_sistemática
- Alianza para la Promoción de STEM [AP STEM]. (2019). *Vision STEM para México*. Recuperado de <https://www.movimientostem.org/wp-content/uploads/2021/01/Vision-STEM-para-Mexico.pdf>
- Alvarez, A. (2021). The perspectives and Experiences of Families from Mexican Immigrant Backgrounds with Collaborative Project-Based Learning in their Children's Bilingual Classroom. *Journal of Latinos and Education*. DOI: 10.1080/15348431.2021.1935257.
- Amedirh. (2017). *Modelo Kirkpatrick: Cómo mejorar la capacitación*. Recuperado de <https://studylib.es/doc/8903954/como-mejorar-la-capacitacion>
- Balka, D. (2011). Standards of Mathematical Practice and STEM. *The Math Science Connector*, 7-9. Recuperado de <https://www.ssma.org/assets/docs/MathScienceConnector-summer2011.pdf>
- Ball, D. L., y Forzani, F. (2009, noviembre 1ro.). The work of teaching and the challenge for the teacher education. *Journal of teacher education*, 60(5), 497-511. <https://doi.org/10.1177/0022487109348479>
- Boss, S. y Larmer, J. (2018). *Project Based Teaching. How to create rigorous and engaging learning experiences*. Alejandría, VA: ASCD, Buck Institute for Education.
- Botero, J. (2018). *Educación STEM. Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender*. Bogotá, Colombia: STEM Educación Colombia.
- Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education. Challenges and Opportunities*. Arlington, Virginia, Estados Unidos: NSTA press.
- Chávez, A. (2018). La utilización de una metodología mixta en la investigación social. En K. Delgado, W. Gadea, y S. Vera (Coords.). *Rompiendo barreras en la investigación* (pp. 164-184). Machala, Ecuador: Editorial UTMACH. Recuperado de http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/15178/La_utilizacion_de_una_metodologia_mixta.pdf?sequence=2
- Chu, H., Martin, S., Park, J. (2018). A Theoretical Framework for Developing an Intercultural STEAM Program for Australian and Korean Students to Enhance Science Teaching and Learning. *International Journal of Science and Mathematics Education* 17(7), 1251-1266. Recuperado de <http://link.springer.com/10.1007/s10763-018-9922-y>
- Coordinación de Actualización Docente [CAD]. (2018). *Cuestionario para evaluación de módulos*. México: FQ UNAM.
- Couso, D. (2017). ¿Por qué estamos en STEM? Un intento de definir la alfabetización STEM para todo el mundo y con valores. *Revista Ciències* 34, 22-30. <http://docplayer.es/207013434-Por-que-estamos-en-stem-un-intento-de-definir-la-alfabetizacion-stem-para-todo-el-mundo-y-con-valores.html>
- Daugherty, M. (2013). The prospect of an "A" in STEM Education. *Journal of STEM Education*, 14(2), 10-14. Recuperado de <http://www.uastem.com/wp-content/uploads/2012/08/The-Prospect-of-an-A-in-STEM-Education.pdf>
- Dede, C. y Eisenkraft, A. (2016). Online and blending teacher learning and professional development. En C. Dede, A. Eisenkraft, K. Frumin, y A. Hartley, *Teacher learning in the digital age: online professional development in STEM education*. Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos: Harvard Education Press.
- Diario Oficial de la Federación, [DOF]. (2019, 8 de noviembre). *ACUERDO número 20/11/19 por el que se modifica el diverso número 12/10/17 por el que se establece el plan y los programas de estudio para la educación básica: aprendizajes clave para la educación integral*. Secretaría de Educación Pública. Recuperado de: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578281&fecha=08%2F11%2F2019
- Domènech, J., Lope, S., y Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka sobre enseñanza y*

- divulgación de las ciencias, 16(2), 2203. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203
- Fishman, B. (2016). Possible Futures for Online Teacher Professional Development. En C. Dede, A. Eisenkraft, K. Frumin, y A. Hartley, *Teacher learning in the digital age: online professional development in STEM education* (p. 286). Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos: Harvard Education Press.
- Fitzgerald, M. (2020). Overlapping Opportunities for Social-Emotional and Literacy Learning in Elementary-Grade Project-Base Instruction. *American Journal of Education* 126(4), 573-601. <https://doi.org/10.1086/709545>
- Grass, M. (Coord.), Alí, C. y Segura, L. (2020). *Estrategia Educación STEM para México. Visión de Éxito Intersectorial de los Cuatro Ejes Estratégicos*. Recuperado de <https://www.movimientostem.org/wp-content/uploads/2021/03/Infograf%C3%ADa-Visi%C3%B3n-de-%C3%89xito-Intersectorial-STEM.pdf>
- Grossman, P. (2011). Framework for Teaching Practice: A Brief History of an Idea. *Teachers College Record*, 113(12), 2836-2843. <https://doi.org/10.1177/016146811111301205>
- Guskey, T. (2000). *Evaluating Professional Development*. Thousand Oaks, California, Estados Unidos: Corwin Press, Inc.
- Hernández, S. y Samperio, T. (2018) Enfoques de la investigación. *Boletín Científico de las Ciencias económico Administrativas del ICEA*, 7(13), 67-68. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/view/3519/4957>
- Instituto Mexicano para la Competitividad [Imco]. (2021, marzo). *Las 10 más*. Recuperado de <http://imco.org.mx/comparacarreras/las-10-mas>
- Kilpatrick, W. (1918). *The project method. The use of the purposeful act in the educative process*. Nueva York: Teachers College, Columbia University. Recuperado de <http://www.educationengland.org.uk/documents/kilpatrick1918/index.html>
- Kim, D., y Bolger, M. (2016). Analysis of Korean elementary pre-service teachers' changing attitudes about integrated STEAM pedagogy through developing lesson plans. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(4), 587-605. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9709-3>
- Kirkpatrick, D. (1959). Techniques for Evaluating Training Programs. *American Society of Training Directors*, 13, 21-23.
- Kirkpatrick, J., y Kirkpatrick, K. (2016). *Kirkpatrick's four levels of training evaluation*. Alexandria, VA, Estados Unidos: ATD Press.
- Krajcik, J., Schneider, B., Miller, E., Chen, I-Chien, Bradford, L., Bartz, K.,... Codere, S. (2021). *Assessing the Effect of Project-Base Learning on Science Learning in Elementary Schools*. Recuperado de <https://mlpbl.open3d.science/sites/mlpbl/files/MLPBL-technical-report.pdf>
- Küçük, B. (2020). The opinions of mathematics teacher candidates who have received a STEM training on STEM and the Activities they Designed in the Class. *Athens Journal of Education*, X(Y), 1-17. Recuperado de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1316317.pdf>
- Larmer, J., Mergendoller, J. y Boss, S. (2015). *Setting the standard for project base learning. A proven approach to rigorous classroom instruction*. Alexandria, VA: ASCD.
- Lozano, O., Orquín, I., Segura, C., y Thibaut, E. (2018). CEFIRE específico CTEM: un Centro de Formación de Profesorado Específico de Ámbito Científico, Tecnológico y Matemático. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/324169675_CEFIRE_especifico_CTEM_un_Centro_de_Formacion_del_Profesorado_Especifico_de
- Luelmo, J.(2018). Origen y desarrollo de las metodologías activas dentro del sistema educativo español. *Encuentro* 27, 4-21. Recuperado de <http://www3.uah.es/encuentrojournal/index.php/encuentro/article/view/2>
- Marcelo, C. (2009). La Evaluación del Desarrollo Profesional Docente. En C. V. Medrano, y D. Vaillant, *Aprendizaje y Desarrollo Profesional Docente* (p. 119-127) Madrid, España: Fundación Santillana. Recuperado de http://www.redfforma.cl/documentos_sitio/86855_APRENDYDESARRPROFESSIONAL-2.pdf
- Marchesi, Á. (2009). Preámbulo. En C. Vélaz de Medrano, y D. Vaillant, *Aprendizaje y Desarrollo Profesional Docente* (p. 7-9) Madrid, España: Fundación Santillana. http://www.redfforma.cl/documentos_si

- tio/86855_APRENDYDESARRPROFESIONAL-2.pdf
- Margot, K. y Kettler, T. (2019) Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM*, 6(2). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Moreira, R., Rodríguez, A., dos Santos E. y Rocas, G. (2020). Metodologías activas en la enseñanza de las ciencias, revisión y análisis de publicaciones en revistas del área enseñanza en la década 2008 a 2018. *ACTIO: Docência em Ciências*, 5(2), 1-24. DOI: 10.3895/actio.v5n2.11296
- Muntaner, J., Pinya, C. y Mut, B. (2020). El impacto de las metodologías activas en los resultados académicos: Un estudio de casos. Profesorado. *Revista de Currículum y formación del Profesorado*, 24(1), 96-114. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11162/199184>
- Nadelson, L., Callahan, J., Pyke, P., Hay, A., Dance, M., y Pfister, J. (2013). Teacher STEM Perception and preparation: Inquiry base STEM professional development for elementary teachers. *The Journal of Education Research*, 106(2), 157-168. <https://doi.org/10.1080/00220671.2012.667014>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE]. (2005). *Teacher Matter. Attracting, developing and retaining effective teachers. Overview*. París: OCDE Publications. Recuperado de <https://www.oecd.org/education/school/34990905.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2020). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Osorio, R. y Castro, D. (2021). Aproximaciones a una metodología mixta. *NovaRUA*, 13(22), 65-84. DOI: <http://dx.doi.org/10.20983/novarua.2021.22.4>
- Pérez, M., Couso, D. y Márquez, C. (2021) ¿Cómo diseñar un buen proyecto STEAM? Identificación de tensiones en la co-construcción de una rúbrica para su mejora. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias* 18(1), 1301. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1301
- Pimthong, P. y Williams, J. (2018). Preservice teachers' understandings of STEM education. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 40, 289-295. DOI: 10.1016/j.kjss.2018.07.017
- Quílez, J., Segura, C., Cardeñosa, M., Thibaut, E., Olmo, J., Crespo, R., y Azkarraga, J. (2017). Hacia la concreción de un modelo de perfil profesional básico del profesorado de Ciencias, Tecnología y Matemáticas (CTEM). *Modelling in Science Education and Learning*, 10(1), 113-137. DOI: 10.4995/msel.2017.6545.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 20-26. Recuperado de <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51616/STEMmania.pdf>
- Scavone, J. (2018). First STEM... Then STEAM. *UNLV Magazine Home*, 26(2). Recuperado de <https://www.unlv.edu/news/article/first-stem-then-steam>.
- Schwab, K. (2016). *La Cuarta Revolución Industrial*. Ginebra: World Economic Forum.
- Secretaría de Educación Pública [SEP]. (2017). *Aprendizajes Clave para la Educación Integral*. México: SEP. Recuperado de <https://www.planprograsdestudio.sep.gob.mx/descargables/biblioteca/secundaria/ciencias/1-LpM-sec-Ciencias-y-Tecnologia.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2005). *Hacia las sociedades del conocimiento*. París: UNESCO. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000141908>
- Wilson, S. (2011). Effective STEM teacher preparation, induction, and professional development. *The National Research Council (NRC) Workshop on Successful STEM Education in K-12 Schools*. 1-23. Recuperado de https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_072640.pdf
- Yakman, G. (2008). *STE@M Education: an overview of creating a model of integrative education*. Recuperado de <https://www.iteea.org/File.aspx?id=86752&v=75ab076a>

NOTAS DE AUTOR

^aMaestría en Ciencias de la Educación por la Universidad Autónoma de Coahuila, estudiante del Doctorado en Ciencias, en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California. Sus líneas de investigación son: educación STEAM, enseñanza de la ciencia, educación química. Correo electrónico: atzimba.soto@uabc.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9677-817X>

Últimas publicaciones:

- Soto, A., Oliveros, A., y Roa, R. (2020). Percepción sobre STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) en Educación Media Superior. En A. Oliveros (Coord.), *Modelo STEAM para la enseñanza de las ciencias, la innovación y la transferencia tecnológica en una universidad pública* (pp. 115-130). Mexicali, Baja California: Universidad Autónoma de Baja California.
- Íñiguez, C., Soto, A. y Rodríguez, R. (2020). Propuesta de aplicación del modelo STEM+A en el contexto de la enseñanza de la química para las ingenierías y su transferencia entre la universidad y el bachillerato. En A. Oliveros (Coord.), *Modelo STEAM para la enseñanza de las ciencias, la innovación y la transferencia tecnológica en una universidad pública* (pp. 155-182). Mexicali, Baja California: Universidad Autónoma de Baja California.

^bDoctora en Ciencias por la Universidad Autónoma de Baja California, profesora de tiempo completo en la Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa, campus Mexicali, de la Universidad Autónoma de Baja California. Sus líneas de investigación son: enseñanza de las ciencias, educación STEAM. Correo electrónico: amparo@uabc.edu.mx.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8239-3236>

Últimas publicaciones:

- Oliveros, R.M.A. (2021). Panorama de la enseñanza en instituciones de educación superior, en programas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). *Revista Científica*, 40, 2-12. <https://doi.org/10.14483/23448350.16764>.
- Oliveros, R.M.A. (2019). STEAM as a tool to encourage engineering studies. *Revista Científica*, 35(2), 158-166. <https://doi.org/10.14483/23448350.14526>
- Oliveros, R.M.A., Cabrera, C.E., Valdez, S. B., y Schorr, W.M., (2016). La motivación de las mujeres por las carreras de ingeniería y tecnología. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 4(9), 89-96. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/entreciencias/article/view/62119>

^cDoctora en Educación por la Universidad Virtual Hispánica de México, profesora investigadora de tiempo completo en la Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa, campus Mexicali, de la Universidad Autónoma de Baja California. Sus líneas de investigación son: tutoría académica y migración educativa. Correo electrónico: reyna.roa@uabc.edu.mx.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7700-6107>

Últimas publicaciones:

- Roa, R.R.I., Santillán, A.E.I., Islas, C.D., y López, L.Y.A. (2019). *Migración, Educación y Sociedad: visiones y experiencias desde la frontera*. Colombia: REDIPE Red Iberoamericana de Pedagogía.
- Lugo G., K.L., Hernández, M.L., y Roa R. R. (2018). Descubrirse, aprender, tutorar y crecer. Una propuesta metodológica para aprender matemáticas. *Investigación e Innovación en Matemática Educativa*. 3(1), 99-112. Recuperado de <https://revistaiime.org/index.php/IIME/article/view/17/10>

- Aceves, Y., Islas, D., y Roa, I. (2016). Investigación e Intervención psicopedagógica en el campo laboral: Estrategia para fortalecer el perfil profesional de los alumnos de asesoría psicopedagógica de la UABC. En S. Ponce, M.E. Barrera y V. Alcántar (Coords.) *Estrategias Innovadoras en la formación de profesionales de la educación: escenarios desde las instituciones formadoras* (pp. 73-92). Cali, Colombia: Red Iberoamericana de Pedagogía.