

Propuesta de aprendizaje STEAM sobre física cuántica para promover actitudes necesarias para el estudio de las ciencias en educación primaria

STEAM learning proposal on quantum physics to promote necessary attitudes for the study of science in primary education

Proposta de aprendizagem STEAM sobre física quântica para promover atitudes necessárias ao estudo da ciência no ensino fundamental

Noelia Mora Hidalgo¹, Tania Contreras Hernández¹, Diego Armando Retana Alvarado¹, Oscar Andrey Herrera Sancho¹

¹ Universidad de Costa Rica

Resumen: Diversos estudios confirman que las metodologías STEAM facilitan la mejora de las actitudes de las niñas hacia las áreas y carreras científicas. Este trabajo presenta una propuesta de aprendizaje sobre la física cuántica basada en el enfoque educativo STEAM, la cual promueve las actitudes necesarias para el estudio de las ciencias en niñas y niños en edad escolar. El foco se centra en el análisis del cambio en las actitudes hacia la ciencia en función del género tras su implementación. Se aplicó un pretest y postest con escala tipo Likert a 26 estudiantes de quinto año de un centro laboratorio costarricense. La propuesta está constituida por tres talleres sobre física cuántica (magnetismo, electricidad y sistema solar) que se vinculan con la novela *El Principito* de Antoine de Saint-Exupéry. Los resultados señalan que al estudiantado le resulta interesantes los contenidos de ciencias, asimismo la intervención despertó el gusto por trabajar en un laboratorio de ciencias en el futuro. No obstante, también confirman que disfrutarían más la escuela si no tuvieran clases de esta asignatura. Por otra parte, las actividades facilitaron un mayor disfrute y expectativa para dedicarse a la actividad científica en el conjunto masculino. En cuanto a las niñas, aumentaron sutilmente el deseo por trabajar en un laboratorio, mas no el gusto por convertirse en científicas. Deleitar aprendiendo en un contexto emocionante donde se considera cómo se sienten y perciben las niñas en las ciencias e ingenierías podría ser una ruta para derribar estereotipos de género, proyectar su formación y desarrollo profesional en esas áreas.

Palabras clave: STEAM, actitudes, género, física cuántica, educación primaria.

Forma de citar este artículo: Mora-Hidalgo, N., Contreras-Hernández, T., Retana-Alvarado, D. A., y Herrera-Sancho, O. A. (2023). Propuesta de aprendizaje STEAM sobre física cuántica para promover actitudes necesarias para el estudio de las ciencias en educación primaria. Revista Latinoamericana de Educación Científica, Crítica y Emancipadora (LadECiN), 2(2), 01-46. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8092580>

Contacto: noelia.morahidalgo@ucr.ac.cr, tania.contreras@ucr.ac.cr, diegoarmando.retana@ucr.ac.cr, oscar.herrerasancho@ucr.ac.cr

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

Abstract: Several studies confirm that STEAM methodologies facilitate the improvement of girls' attitudes towards scientific areas and careers. This paper presents a learning proposal on quantum physics based on the STEAM educational approach, which promotes the necessary attitudes for the study of science in girls and boys of school age. The focus is on the analysis of the change in attitudes towards science based on gender after its implementation. A pretest and posttest with a Likert-type scale was applied to 26 fifth-year students from a Costa Rican laboratory center. The proposal is made up of three workshops on quantum physics (magnetism, electricity, and the solar system) that are linked to the novel *The Little Prince* by Antoine de Saint-Exupéry. The results indicated that the students found the science contents interesting, highlighting the intervention aroused the pleasure of working in a science laboratory in the future. However, they would also confirm that they would enjoy school more if they did not have classes in this subject. On the other hand, the activities facilitated a greater enjoyment and expectation to dedicate themselves to scientific activity in the male group. As for the girls, the desire to work in a laboratory subtly increased, but not the desire to become scientists. Enjoying learning in an exciting context that considers how girls feel and perceive themselves in science and engineering could be a route to break down gender stereotypes and project their training and professional development in these areas.

Keywords: STEAM, attitudes, gender, quantum physics primary education.

Resumo: Vários estudos confirmam que as metodologias STEAM facilitam a melhoria das atitudes das raparigas em relação às áreas e carreiras científicas. Este trabalho apresenta uma proposta de aprendizagem sobre física quântica baseada na abordagem educacional STEAM, que promove as atitudes necessárias para o estudo da ciência em meninas e meninos em idade escolar. O foco está na análise da mudança de atitudes em relação à ciência com base no género após a sua implementação. Um pré-teste e um pós-teste com escala tipo Likert foram aplicados a 26 estudantes do quinto ano de um centro laboratorial da Costa Rica. A proposta consiste em três oficinas de física quântica (magnetismo, eletricidade e sistema solar) que estão vinculadas ao romance O Pequeno Príncipe de Antoine de Saint-Exupéry. Os resultados indicam que os alunos acham o conteúdo de ciências interessante, e a intervenção despertou o desejo de futuramente trabalhar em um laboratório de ciências. Contudo, também confirmam que gostariam mais da escola se não tivessem aulas dessa disciplina. Por outro lado, as atividades facilitaram maior prazer e expectativa para se dedicarem à atividade científica no grupo masculino. Quanto às meninas, o desejo de trabalhar em laboratório aumentou sutilmente, mas não o desejo de se tornarem cientistas. Gostar de aprender num contexto estimulante que considera como as raparigas se sentem e se percebem na ciência e na engenharia pode ser um caminho para quebrar os estereótipos de género e projetar a sua formação e desenvolvimento profissional nestas áreas.

Palavras-chave: STEAM, atitudes, género, física quântica, ensino primário.

Fecha de recepción: 05 de Mayo de 2023

Fecha de aceptación: 30 de Octubre de 2023



Introducción

Si bien es cierto, a lo largo del tiempo, la igualdad de género ha logrado mayor visibilidad dentro de la educación, en el campo científico aún existe una brecha importante entre hombres y mujeres, que se refleja en la elección profesional de las mujeres, quienes optan mayoritariamente por carreras relacionadas con ciencias sociales o de la salud, pues como afirman Arias y Calvo "...las mujeres siguen estando subrepresentadas en carreras STEM en comparación con otras carreras de áreas como psicología, sociología, economía o educación" (2020, p.1), esto demuestra que actualmente, sigue siendo un reto para la educación despertar el interés y presentar oportunidades a las mujeres con respecto a las ciencias y otras áreas.

En sintonía con lo anterior, el Programa Estado de la Nación (PEN), en su Octavo Informe del Estado de la Educación de Costa Rica, destaca que existen grandes brechas de género que afectan el desempeño académico en áreas como las matemáticas y las ciencias, pues afirman que el sexo de la persona es un factor que determina y perjudica el rendimiento académico en las áreas STEM, "en donde las mujeres se posicionan en una condición de desventaja" (PEN, 2021). En torno a estos factores, el informe también destaca que esto ha sido un problema constante dentro de la educación primaria costarricense, que no se ha logrado abordar ni solucionar, pues en la disminución de estas brechas no se reportan avances significativos en los últimos años (Estado de la Nación, 2021, p. 149).

Desde la infancia se puede promover la igualdad de género en las aulas, esto debido a que como aportan Toma y Meneses (2019), las elecciones profesionales y académicas del estudiantado, así como el interés por las disciplinas científicas, se comienzan a formar desde los primeros niveles educativos. Por lo tanto, es necesario que en la educación primaria se utilicen estrategias enfocadas en despertar en las niñas el interés por el conocimiento científico.

De acuerdo con Toma (2020) en los últimos años ha existido un movimiento educativo para tratar de reducir el desinterés hacia la ciencia escolar, mediante la promoción de iniciativas enfocadas en desarrollar actitudes favorables hacia la ciencia, es decir, hacer atractivas las ciencias para las personas estudiantes, sobre todo, y especialmente en grados elementales del sistema educativo.

En virtud de lo anterior, para promover un cambio en la educación científica escolar e involucrar a más niñas en áreas científicas, es necesario incluir y realizar actividades que busquen fortalecer las actitudes que ya poseen los niños y las niñas hacia la ciencia escolar, haciendo con esto, que las ciencias atraigan a las niñas y las invite a estudiar carreras relacionadas con áreas STEAM en el futuro.

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

En esa misma línea, como afirman Toma y Lederman (2020), las actitudes hacia la ciencia escolar influyen en el desempeño que podrían tener las personas en las ciencias, la selección de carreras a estudiar y el apoyo que se podría recibir para financiar proyectos científicos, y por esto mismo, se hace aún más necesaria la investigación y el interés por mejorar las actitudes hacia la ciencia escolar, pues no es solo una cuestión de optimizar el desempeño de las niñas en las aulas, sino que también podría afectar la decisión de la carrera profesional que desean estudiar.

De igual manera, Toma y Meneses (2019) afirman que, en los últimos años, ya no solo se habla de transformar las actitudes hacia la ciencia escolar con el objetivo de aumentar el interés en carreras científicas, sino que también en nuestros días la promoción de actitudes positivas hacia las disciplinas STEAM es considerado uno de los objetivos primordiales dentro de la educación científica, debido a los beneficios que obtiene el estudiantado bajo esta metodología. En la actualidad el enfoque educativo STEAM ha tomado auge dentro de las aulas escolares.

Con respecto a estas metodologías innovadoras, la enseñanza de las ciencias en la educación primaria costarricense ha tenido un avance, que se visualiza en los cambios realizados en el programa de la asignatura de ciencias, propuestos por el Ministerio de Educación Pública (2016) en cuanto a dejar de lado la enseñanza tradicional basada en el uso exclusivo del libro de texto, para dar paso a una enseñanza que llegue a todo el alumnado como una instrucción de utilidad, que logre relacionarse con la vida real y que sea, una ciencia escolar relevante para el estudiantado y la ciudadanía (Acevedo, 2004).

En el programa de estudio de la asignatura de ciencias, para el caso de Costa Rica, se han propuesto diferentes cambios, que promueven el uso de metodologías indagatorias para atender las necesidades del estudiantado, debido a que como postula el Ministerio de Educación Pública la educación científica “promueve el desarrollo de habilidades propias del quehacer científico, que generan la construcción dinámica y multidireccional de datos, información y conocimientos, que permiten a la especie humana conocer e interactuar con su entorno de manera personal y comunitaria” (2016, p. 12).

Como parte de las estrategias aplicables a las ciencias que pueden resultar útiles en la promoción de la igualdad de género, y en el desarrollo de habilidades y actitudes, se destaca el uso del enfoque educativo STEAM, que se convierte en una herramienta para las personas docentes que buscan el beneficio del estudiantado.

Por lo anterior es que el enfoque educativo STEAM, que involucra las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas y, además, se le añade la “A” de artes, que abre la posibilidad de incluir también conocimiento relacionado al arte y



diseño, es un enfoque educativo que promueve la integración de disciplinas (Santillán-Aguirre y otros, 2019), lo cual es un factor que beneficia tanto a los niños como a las niñas, debido a que se pueden incluir actividades afines al estudiantado, para que a partir de estrategias que involucren literatura, pintura, diseño, se aborden temáticas científicas, y así construir un punto de convergencia entre ambas disciplinas que facilite la comprensión de contenidos científicos a través de las artes y al mismo tiempo un enriquecimiento de la cultura.

En concordancia con esto, la presente investigación se enmarca dentro del proyecto de acción social de trabajo comunal universitario TC-695: Enseñando ciencia basada en observación y experimentación de la Escuela de Física de la Universidad de Costa Rica. Este proyecto contiene una serie de actuaciones que giran en torno a desarrollar estrategias e ideas innovadoras para llevar la ciencia de una manera más atractiva a las aulas de educación.

Como se destaca dentro del proyecto, es conocido que las estrategias didácticas de hoy en día, requieren de ideas y técnicas que se adapten a la sociedad en constante cambio, que en sintonía con las estrategias STEAM, exige que aborden los diferentes problemas a través de métodos transdisciplinarios (Herrera Sancho, 2019).

El proyecto propone explorar las conexiones de temas que se consideran opuestos o incompatibles, como las ciencias y la literatura, pues de estas conexiones se pueden despertar nuevas habilidades. En ese sentido, propone asumir la enseñanza desde una perspectiva interdisciplinaria.

Por ello, desde el proyecto se diseñó una secuencia de talleres didácticos que establecen la convergencia entre los modelos atómicos y algunos otros temas vinculados con la física cuántica y la novela literaria El Principito, del autor Antoine de Saint-Exupéry. Esto con el objetivo de mostrar que el mundo mágico de la literatura y la fantasía no se encuentra aislado del fascinante universo que la ciencia puede mostrarnos.

Así pues, la importancia de que la presente investigación, que se desarrolló como parte de las iniciativas que se implementan dentro del TC-695, pueda mostrar la relevancia de la interdisciplinariedad entre las áreas de enseñanza de la educación primaria, y a la vez, la importancia de llevar a las aulas, modelos educativos basados en el enfoque STEAM, que logren enseñar que el aprendizaje no debe ser segregado entre disciplinas, sino que por el contrario, es posible lograr una enseñanza más integral.

Cabe recalcar el desarrollo de esta investigación, debido a que, en cuanto a la aplicación del enfoque educativo STEAM en el aprendizaje de las áreas científicas

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

y en este caso, de la física cuántica para promover las actitudes necesarias para el estudio de las ciencias en primaria, es difícil encontrar investigaciones tanto a nivel nacional como internacional que estén relacionadas, por esta razón el presente estudio representa una contribución necesaria para el tema, pues en términos teóricos, ofrece información en relación a cómo el género se transforma en una arista que se debe valorar dentro del proceso de enseñanza. De igual manera, brinda ideas sobre la importancia de incorporar áreas científicas olvidadas dentro de la educación primaria, como la física cuántica, que presenta muchas dificultades para ser aplicada en los niveles de primaria tanto para el estudiantado como para las personas docentes (Cuesta-Beltrán, 2018).

Por otro lado, el trabajo no solo aporta información teórica y de diversas fuentes sobre algunos conceptos e ideas, sino que también se convierte en una herramienta para que otras personas del cuerpo docente puedan involucrarse más activamente en procesos de enseñanza que vayan de la mano con la ciencia, la igualdad de género, el enfoque educativo STEAM, y las actitudes hacia la ciencia escolar. Es una herramienta que puede ser utilizada para que otros profesionales también creen sus propias estrategias de enseñanza, y puedan motivarse y convencerse que una educación científica dentro del aula primaria es posible; esto también se une al hecho de que la investigación deja las puertas abiertas a futuras investigaciones que se deseen desarrollar en pro de buscar otras formas posibles de construir conocimiento científico en el que se involucre, a las mujeres en las áreas STEAM.

Gracias al estudio propuesto, es posible beneficiar en primera instancia al estudiantado de quinto año de un centro laboratorio de la Gran Área Metropolitana, pero de manera más específica, se busca un beneficio mayor para con las niñas, esto pues, como indican Carrasquilla, Pascual y San Roque (2022) existen muchos factores que afectan el interés que sienten las niñas por los estudios STEAM, factores que se relacionan con la ausencia de modelos de rol para mujeres así como los métodos de enseñanza que no llegan de manera correcta a las niñas, lo que se deriva en una baja sensación de aceptación (p. 155).

Es por ello, que, de manera específica, el estudio tiene como propósito analizar, a raíz de una intervención STEAM, el cambio en las actitudes de las niñas y los niños hacia la ciencia escolar, esto para determinar si el apoyo o la educación que se brinda desde las escuelas, puede llegar a ser un factor determinante en la elección y decisión del estudiantado hacia carreras científicas en el futuro y a la vez, valorar si con respecto al género, estos cambios se hacen más evidentes.



Referente teórico

Enfoque educativo STEAM

STEM, un acrónimo que en los últimos años ha tomado gran relevancia en muchos ámbitos de la vida humana, y tal como lo afirman Toma y García-Carmona (2021) desde su aparición este término ha sido el origen de mucha ambigüedad, esto porque existe una conceptualización bastante difusa en la literatura científica. En ese sentido, destacan que se podría hacer referencia al término STEM desde diversos ámbitos, por ejemplo, como eslogan político para demandar mayor atención, como un acrónimo que hace referencia a las disciplinas que lo componen y/o como un movimiento pedagógico.

De lo anterior, se puede comprender que STEM o STEAM es un concepto tan amplio como autores sobre el tema existen, esto pues, en algunos casos se utiliza el término STEM y en otros STEAM, incluyendo las artes dentro de las disciplinas desarrolladas, convirtiendo el proceso de conceptualización del término aún más complejo y polisémico. En concordancia con lo anterior Toma y Retana-Alvarado (2021) por su parte, afirman que en efecto el uso ampliado de STEM en diversas áreas ha provocado que exista un uso poco coherente, lo que aumenta la diversidad de concepciones del término.

Partiendo de lo anterior, Domènech-Casal, (2018) afirma que, STEM nace como una propuesta política y que, por tanto, no solamente es complicado conceptualizar STEM en el área educativa, sino que es imposible, pues no existe como tal una educación STEM, sino que existen algunas variaciones de esta propuesta política que pueden y han sido aplicadas al ámbito educativo con el objetivo de promover la consecución de los objetivos STEM, que en resumen, van orientados a la vocación, la competencia profesional, la inclusión para corregir sesgos de género y para formar una ciudadanía competente (Domènech-Casal, 2018, p. 156).

Desde su entrada en el espacio educativo, se ha hecho un esfuerzo por dotar de significado didáctico y pedagógico el término STEM. En ese sentido, en la mayoría de los casos se ha optado por identificar STEM con la interdisciplinariedad. Y la incorporación de la A (por Artes) dentro de este acrónimo como "STEAM" ha hecho el panorama más complejo. Pues si bien es cierto la A implica las Artes, existe contrariedad sobre qué clase de arte incluye, si es danza, pintura, o incluso filosofía, lo que sí es cierto es que la inclusión de las artes, lo que busca es que ocurra la incorporación de la creatividad en las propuestas educativas de STEM (Domènech-Casal, 2018).

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

A partir de lo anterior, se destaca que a pesar de que STEAM no nace como una propuesta didáctica, en los últimos años y partiendo de la idea de tener una línea entre lo que busca la política y lo que enseña la educación, se han realizado esfuerzos por aplicar algunas visiones de STEAM en el área académica. Dando como resultado que muchas veces se hable de educación STEAM sin tener clara su conceptualización.

En este caso, se puede decir que STEAM incluye las disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas (STEM) y artes. En tanto, la educación STEAM es una educación que se viene desarrollando, principalmente, en los países avanzados de la OCDE que tienen como objetivo desarrollar esta innovación para nutrir el talento futuro. En ese sentido Kim y Chae (2016) afirman que “la educación STEM enfatiza la importancia de la educación que nutre las habilidades creativas de resolución de problemas con el fin de volverse competitivo en la era global y prepararse para cualquier desafío futuro” (p. 1927).

Considerando entonces la dificultad para dar una definición clara sobre este acrónimo, para Castro y otros (2020), el enfoque STEAM, dentro de la educación se puede definir como un enfoque integrado de aprendizaje que está centrado en el estudiantado, y se basa en problemas o proyectos que demandan, para su resolución, la aplicación del conocimiento de múltiples disciplinas STEAM y el desarrollo de habilidades del siglo XXI.

En esa misma línea, Sanders (2009) afirma que la conceptualización de STEAM en educación se puede entender como una entidad cohesiva, cuyo objetivo es promover una enseñanza integrada y coordinada que se aplica en la resolución de problemas del mundo real. Por lo tanto, en STEAM la educación “es un modelo que debe promover y mejorar el aprendizaje de las disciplinas a las que se refieren las siglas” (Toma y Greca, 2018, p. 1384).

Finalmente, en torno a la conceptualización STEAM, Bequette y Bequette, (2015), afirman que en muchas investigaciones recientes, existe un consenso sobre la importancia de la incorporación de las artes como parte de su concepción, sobre todo dentro del ámbito educativo, pues como afirman Kim y Chae (2016), STEAM se enfoca en desarrollar habilidades que sean competitivas a nivel mundial a través del cultivo de la experiencia en la educación científica, así como en la resolución creativa de problemas, toma de decisiones y conocimiento de las artes liberales.

Ahora bien, luego de esta confrontación de conceptos, se puede decir que STEAM, también es un conjunto de objetivos políticos que giran en torno a la vocación, la competencia profesional, la inclusión para corregir sesgos de género y para formar



una ciudadanía competente que pueda participar en la definición de la agenda de innovación e investigación (Domènech-Casal, 2018, p. 156).

Objetivos que pueden ser incorporados a la educación, dando como resultado que el objetivo de STEAM dentro de la educación sea “preparar al estudiante para el mundo del trabajo, formándolo como persona solucionadora de problemas creativos e innovadores” (Useche y Vargas, 2019, p. 117). Igualmente, al incluir las artes dentro de la educación STEAM, ya no solo se busca desarrollar el pensamiento lógico y la criticidad como uno de sus principales objetivos, sino que STEAM, con las artes como disciplina busca desarrollar otras habilidades como el pensamiento creativo, la intuición y la inteligencia emocional (Prezhdarova y Pastarmadzhieva, 2020).

Asimismo, es importante destacar que uno de los objetivos esenciales y más importantes de STEAM al incorporar las artes dentro de su visión es poder desarrollar en los niños y niñas el aprendizaje significativo que logre la retención de contenidos y conocimientos a largo plazo, así como también desarrollar y aumentar el interés, el compromiso, y la motivación del grupo estudiantil para lograr con ello la mejora en resultados dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje (Hegedus y otros, 2016).

De forma similar, para Genek y Küçük (2020) el objetivo de la educación STEAM está enfocado en motivar al estudiantado para que pueda trabajar en problemas de la vida real mediante la creación y generación de ideas y productos que sean relevantes pero basados en sus propios conocimientos y habilidades.

En conclusión y en relación con los objetivos STEAM dentro la educación, Holmlund y otros (2018), destacan que se pueden describir tres principales objetivos que son los más relevantes e inclusivos de manera global que son: aumentar el número de innovadores y profesionales STEAM, fortalecer la fuerza laboral relacionada con las disciplinas que se abarca y mejorar la alfabetización STEAM en la ciudadanía. Lo descrito hasta aquí supone, que detrás del proceso de inclusión de STEAM dentro de la educación debe de haber una serie de características que permitan determinar que una propuesta educativa pueda ser considerada dentro de la educación STEAM.

Con respecto a la incorporación de STEAM dentro del aula escolar, se destaca que tras la revisión bibliográfica existe una especie de consenso entre los diversos autores y autoras sobre las principales características que debe poseer una propuesta educativa dentro del ámbito STEAM. Como primera cualidad se destaca que el proceso de aprendizaje debe estar centrado en el alumnado, esto implica entonces que debe ser una propuesta basada en la resolución de problemas del

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

mundo o de la vida real (Useche y Vargas, 2019; Perales-Palacios y Aguilera, 2020; Castro-Rodríguez y Montoro-Medina, 2021).

Estos autores destacan la interdisciplinariedad entre los componentes y las disciplinas STEAM como una de las principales características de la educación STEAM. Finalmente, Perales-Palacios y Aguilera, (2020) destacan que una de las principales características del aprendizaje guarda relación con el reconocimiento de los vínculos existentes entre las disciplinas STEAM y su aplicación en la resolución de problemas reales, conocimientos y habilidades imprescindibles.

A modo de resumen, se puede concluir con la idea de Castro-Rodríguez y Montoro-Medina, (2021), en la cual afirman que existen tres características fundamentales para llevar a cabo una educación STEAM: "(i) la inclusión de una situación del mundo real, (ii) la interdisciplinariedad o conexiones entre las distintas áreas STEM, y (iii) el desarrollo de las habilidades de resolución de problemas" (p. 358).

Dicho lo anterior, es importante destacar la forma en la que se da la integración del enfoque educativo STEAM en el aprendizaje de las ciencias naturales, esto partiendo del hecho de que, en educación primaria, se trabaja específicamente desde las ciencias naturales, de ahí la importancia de encontrar diversas maneras de integrar STEAM dentro de las aulas.

En ese sentido, Park y otros (2020), destacan que STEAM visto desde una perspectiva curricular puede ser visualizado como una extensión de lo que debe enseñarse en la ciencia escolar, es decir, con esto lo que se busca es que desde STEAM se realice un esfuerzo para ir más allá del currículo tradicional que se enseña en la educación primaria y que muchas veces no logra capturar y enseñar prácticas científicas auténticas.

En sintonía con lo anterior, se destaca que el aprendizaje STEAM se integra en las aulas gracias al aprendizaje basado en proyectos, y que con esto, se logra demostrar su utilidad para mejorar la alfabetización científica en la escuela primaria en el cuerpo estudiantil así como el impacto positivo que tiene la implementación del aprendizaje STEAM en las percepciones, actitudes y creatividad del alumnado, pues como afirma Badarudin (2021), gracias a lo anterior, se logra comprender que el uso de este modelo STEAM puede mejorar en gran medida las actitudes científicas así como los logros en el aprendizaje de la ciencia dentro del aula de clase.

Habría que mencionar también, que como afirman Tippet y Milford (2017) muchas veces en la enseñanza de la educación primaria, con respecto a las ciencias se sugiere abordar y partir de lo que los niños y niñas saben, incluyendo un enfoque



de indagación en conjunto con un proceso de andamiaje adecuado para fomentar la comprensión conceptual y el razonamiento.

Acorde a lo anterior estos autores mencionan que es importante entonces que el enfoque STEAM logre pensar en una educación que sea adecuada para la primera infancia y en concordancia con el estudio de la ciencia, por tanto, las experiencias STEAM de los niños y niñas de educación primaria deben ser prácticas y que les permitan experimentar y explorar con materiales que sean cotidianos y seguros de manera significativa (Tippett y Milford, 2017).

Perspectiva entre ciencia y género

Un punto importante por destacar dentro de las áreas STEAM, que incluso podría considerarse como una de sus posibles limitantes, es la poca igualdad de género que existe dentro de estas áreas, no propiamente por el desarrollo del enfoque sino por las condiciones sociales que han permeado en los últimos años en torno al desarrollo de la mujer dentro de áreas STEAM.

Acorde a ello, Morales y Morales (2020) destacan que existen varios estudios e investigaciones que reflejan y ponen de manifiesto la brecha STEAM, pues hay muchos más hombres que mujeres en carreras que se relacionan con ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas. En ese sentido, estas afirmaciones logran respaldarse con datos actuales, pues como señala la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2017) en el mundo, sólo un pequeño porcentaje (35%) de mujeres están incorporadas en áreas STEAM, mientras que las mujeres investigadoras solo llegan a un 28% del total. Destacando también, que solo el 3% de los Premios Nobel en Ciencias han sido otorgados a mujeres.

Lo anterior, pone en evidencia que las áreas STEAM poseen cierto grado de desigualdad de género, situación que algunos científicos explican mediante las creencias de autoeficacia que se desarrollan, en este caso, en las niñas durante sus primeros años de vida escolar, acompañados de situaciones sociales que aumentan la brecha de género. Esto pues, como afirman Rossi y Barajas (2015) la propia creencia de autoeficacia influye en las elecciones académicas y ocupacionales de las personas, ya que preferir y/u optar por alguna de estas carreras, implica para las niñas, en este caso, sentirse competente es decir, verse capaz de realizar las acciones que se requieren para alcanzar un resultado deseado, un factor que en las niñas es mucho más bajo que en los niños, cuando de carreras STEAM se habla, sobre todo en ciencias, matemáticas y tecnología.

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

Sin embargo, cabe destacar que en autoeficacia, es decir, la forma en la que niños y niñas valoran su desempeño en estas áreas, sí se muestran diferencias significativas, pues en torno a las actitudes hacia la ciencia y hacia las ramas STEAM, se logró determinar que los niños poseen un nivel mucho más alto de confianza en ellos mismos hacia la ciencias que los niveles que poseen las niñas (Arabit y otros, 2021); reflejando con ello, que existen muchas situaciones como la autoeficacia, el acceso a igualdad de condiciones escolares así como también estigmas y estereotipos que provocan, a largo plazo, que haya menos mujeres desarrollándose en áreas STEAM.

En concordancia con lo anterior, Nissen (2019) afirma que factores como estos antes mencionados, es decir, la autoeficacia, la cultura masculina existente por gran parte de la población mundial y la falta de experiencias educativas en edades tempranas en disciplinas STEAM explican de cierta manera, los bajos porcentajes de participación de las mujeres en áreas como física, computación, ciencia e ingeniería.

De manera más específica, dentro de la física como un área científica, se han encontrado muy pocos estudios que subrayen la poca igualdad de género existente, específicamente en física cuántica. De lo anterior, también podría afirmarse que la falta de estudios en estas áreas guarda relación con el hecho de que la cultura masculina existente en áreas como la física, informática e ingeniería posiblemente les niegan a las mujeres un sentido de pertenencia a esas disciplinas (Nissen, 2019); dificultando con ello, el desarrollo de investigaciones con mujeres dentro de este ámbito.

A pesar de la falta de información que se encuentra sobre la desigualdad de género dentro de la física cuántica, no hay que olvidar que esta rama sigue siendo parte de los sectores relacionados con las ciencias y las áreas STEAM, de ahí que se consideran que los factores que afectan a estas ramas, de igual manera tiene su repercusión dentro de la física cuántica como una rama dentro de la ciencia.

En cuanto a eso, cabe destacar que la poca representación de las mujeres en carreras STEAM ocurre por diversos motivos como los prejuicios, discriminación, sexismo, estereotipos e incluso supuestas estructuras que consideran estas áreas como esencialmente masculinas. Todos estos factores, en muchas ocasiones se dan de manera simultánea, provocando que sea muy complicado para las mujeres tener presencia en áreas STEAM. Acorde con lo anterior, Morales y Morales (2020) destacan que realmente las mujeres, a causa de su género, enfrentan múltiples barreras y retos en las distintas etapas de su desarrollo profesional, aunado a las causas anteriores, los autores también destacan la carencia de tutores, los sesgos de género, la falta de modelos femeninos, así como las brechas salariales.



Dicho lo anterior, es importante destacar que uno de los factores que afecta de manera directa y en mayor medida a las niñas en su deseo por desarrollarse dentro de estas áreas, son los estereotipos de género. Según la Organización de las Naciones Unidas (2021), “los prejuicios y los estereotipos que se arrastran desde hace mucho tiempo continúan manteniendo a las niñas y mujeres alejadas de los sectores relacionados con la ciencia” (párr. 8).

Con respecto a lo anterior, Reinking y Martin (2018) destacan que los estereotipos en sus diversas manifestaciones afectan a las mujeres desde las edades más tempranas. Destacando, por ejemplo, que desde la infancia existen estereotipos, así como prácticas de socialización que afectan negativamente a las niñas, y, por ende, su rendimiento académico en las asignaturas relacionadas a STEAM. Por otro lado, los autores también destacan que la existencia de estereotipos entre los profesionales que ya laboran en campos STEAM, generan que muchas mujeres se sientan menos capaces y con una baja noción de pertenencia a estas profesiones.

En otras palabras, lo que estos autores aportan es que la existencia de estereotipos en los diversos ámbitos de la vida de una mujer, tanto en espacios académicos, sociales como laborales, provocan que muchas de ellas no logren encontrar un espacio libre y con las herramientas necesarias para desarrollarse dentro de estas áreas de igual forma que lo hacen sus pares masculinos.

Como parte de los procesos de desigualdad y poca representación en las áreas STEAM, Saucerman y Vásquez (2014) destacan que existen las llamadas “barreras psicológicas” que alejan a las mujeres de la elección por estas carreras. Estas barreras muchas veces vienen dictadas desde la infancia, por ejemplo, destacan que las mujeres con frecuencia conviven con mensajes machistas que les hacen creer que su fracaso en carreras de estas áreas ocurre por falta de habilidad, o por el hecho de que los hombres son “naturalmente” más talentosos para tareas científicas y que incluso ser femenina se opone a la idea de ser académica, sobre todo en áreas científicas.

Todo lo anterior, busca hacer conciencia sobre la importancia de que la sociedad, desde las diferentes esferas, pueda reconocer, comprender y atender estas barreras para lograr el desarrollo de intervenciones efectivas que aumenten la participación de las mujeres en carreras STEAM. Con miras a lograr ese desarrollo, la educación se convierte en una herramienta esencial para que, desde las edades más tempranas, se empiece a trabajar tanto con las niñas como con los niños, procesos que propicien la igualdad de género.

Por consiguiente, es necesario que, desde la educación, y más concretamente, desde las aulas, las personas docentes tomen un rol más activo y sobresaliente en

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

la formación del estudiantado para conseguir resultados positivos en los procesos de construcción de una sociedad que sea más igualitaria para con las mujeres.

Dentro de las áreas científicas, para Cobo y otros (2019) es vital “dotar a los individuos de las herramientas intelectuales necesarias para evaluar el conocimiento científico y el mundo que les rodea” (p. 17), de una manera igualitaria, pues este proceso es esencial para lograr que las niñas dentro del aula se sientan cómodas y puedan desarrollar habilidades científicas al mismo ritmo que sus compañeros.

Partiendo de lo anterior, existen áreas a destacar que son necesarias sean desarrolladas por el estudiantado en su rol para promover la igualdad de género. En primer lugar, Wang y Frye (2019) exponen el impacto que tuvo la aplicación de diversos métodos de estudios basados en el modelo STEAM para lograr una mejora en las actitudes de las niñas hacia las áreas o carreras científicas y matemáticas.

Por otro lado, de manera más específica y dentro del área de la física, Durk y otros (2020), destacan que el aprendizaje activo es una herramienta importante para disminuir las barreras de género dentro de áreas científicas en las escuelas, en ese sentido, afirman que cuando en las aulas, el cuerpo docente utiliza actividades de aprendizaje activo las niñas tienden a mostrar un aumento significativo y relevante en cuanto a su autoeficacia para la física.

Finalmente, el mejorar las actitudes hacia la ciencia escolar, es decir, como se sienten y perciben las niñas dentro de estas áreas, es uno de los principales retos para lograr que las ciencias sean más atractivas para las niñas e involucrarlas cada vez más dentro de las carreras STEAM. En relación con ello, Toma y Lederman (2020) afirman que conceptualizar las actitudes hacia la ciencia escolar incluso hoy en día sigue siendo un reto, pues abarca muchas aristas, pero a pesar de las actitudes hacia la ciencia escolar podrían verse como todas aquellas concepciones tanto sociológicas, psicológicas y afectivas que poseen las personas sobre la ciencia.

En esa misma línea Toma y Lederman (2020), destacan que las actitudes hacia la ciencia escolar abarcan e incluyen diferentes dimensiones, dentro de las cuales se pueden incluir las actitudes ya sean favorables o desfavorables hacia la ciencia y los científicos, el disfrute de las clases de ciencias y las intenciones para participar de manera activa en la ciencia, es decir, el deseo por estudiar o participar a futuro en actividades y carreras científicas.

En ese sentido Toma y Lederman (2020) destacan que el cambiar estas actitudes hacia la ciencia escolar es un elemento vital de la educación de hoy en día, pues, para el caso de las niñas, quienes poseen menores y más desfavorables actitudes hacia la ciencia, el no tener desde edades tempranas la oportunidad de cambiar



esas actitudes las limita a que en el futuro puedan decidirse por carreras científicas. La importancia de las actitudes hacia la ciencia escolar, radica en que justamente, la calidad de estas actitudes va a determinar no solo el éxito académico de las niñas en las clases de ciencia sino también su motivación, interés y sensación de pertenencia a las áreas científicas.

Finalmente, es importante destacar que, con estos aspectos, lo que se busca es que desde la docencia se asuma un rol más protagónico en la transformación de una sociedad más igualitaria, por ello se debe reconocer que “estos estereotipos son adoptados en la infancia y pueden influenciar las actitudes académicas y el desempeño de las mujeres. No obstante, está demostrado que modificarlos genera un mayor interés femenino por las carreras STEM” (Morales y Morales, 2020, p.127).

Pues como afirman Rossi y Barajas (2015), en muchos casos, en el ámbito escolar, tanto las actitudes hacia la enseñanza como las prácticas docentes perpetúan las desigualdades en relación con el género, pues el cuerpo docente, tiende a tener expectativas diferentes de los niños y las niñas en torno a sus capacidades, situación que históricamente ha sido reforzada también por los libros de texto, los materiales educativos y las estrategias metodológicas.

En torno a lo anterior, se destaca que “el papel del profesorado en la toma de decisiones académico-profesionales del alumnado es fundamental [...], al conformarse como orientadores, modelos profesionales y transmisores de valores, expectativas y aspiraciones.” (Rossi y Barajas, 2015), y de ahí; la importancia de darle a las personas docentes herramientas, información y conocimientos que les permitan desarrollar en las niñas un mayor interés por áreas STEAM, así como también por la física cuántica.

Aprendizaje de la física cuántica en los niveles de educación primaria

A comienzos del siglo XX se dio un avance y desarrollo de la física cuántica en muchos aspectos, los cuales desencadenaron grandes avances en torno al desarrollo de la tecnología moderna como por ejemplo semiconductores, láseres, computadoras cuánticas, encriptación, entre otros (Bouchée y otros, 2021). No obstante, ese desarrollo o conocimiento que se ha dado sobre la física cuántica, también ha traído consigo dificultades sobre todo a nivel conceptual, como afirman Müller y Wiesner (2002). En esta dirección, cabe mencionar que el gran auge de la física cuántica no sólo marcó el descubrimiento de una nueva teoría, sino que también dio paso a un nuevo marco de conocimientos para la física.

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

Conocimientos que como bien indican los investigadores Bouchée y otros (2021), en su mayoría son abstractos, pues a diferencia de la física tradicional, la física cuántica posee una característica muy alta de abstracción. En particular todo lo anterior es debido a que la mayoría de los fenómenos que estudia la física cuántica no se pueden observar directamente y, por lo tanto, no se encuentran en nuestro diario vivir.

Esta abstracción de la física cuántica es también el origen de las dificultades conceptuales sobre esta ciencia que muchas veces poseen los grupos estudiantiles. En ese sentido, por ejemplo, Baily y Finkelstein (2005) afirman que la interpretación o la conceptualización de la teoría cuántica siempre ha sido un tema de controversia dentro de toda la comunidad científica de la física.

En ese sentido, según los estudios reportados por Bouchée y otros (2021) la abstracción de la física cuántica, la cual genera problemas para su conceptualización, se debe primordialmente a varios factores. Entre ellos destacan que, por ejemplo, la física cuántica es aplicada, normalmente, en situaciones a nivel microscópico (i.e. el mundo muy pequeño), es decir, que la mayoría de los fenómenos de la física cuántica no pueden ser observados directamente y son difíciles de visualizar debido a la pequeña escala en la que ocurren los procesos.

Otra de las razones de esta abstracción considera que la física cuántica trabaja o describe muchos de sus fenómenos bajo situaciones no deterministas. En otras palabras, las situaciones que estudia la física cuántica no son solamente de una forma o manera posible, sino que, por el contrario, se trabaja siempre desde la probabilidad. Según las investigaciones reportadas por Bouchée y otros (2021), estos conceptos son explicados desde la probabilidad y la incertidumbre, entonces, por lo tanto, son a menudo demasiado abstractos para el estudiantado.

Esta cualidad de abstracción que posee la física cuántica, también se debe en parte, a que existe una deficiencia o una falta de experiencias sensoriales que permitan a las personas obtener un apoyo directo para poder interpretar estos fenómenos. Dicho de otro modo, estos fenómenos pertenecen a situaciones en las que se debe estudiar sin tener un apoyo concreto. Por otro lado, al no tener el apoyo de experiencias sensoriales que faciliten su comprensión; experiencias a las que el estudiantado está acostumbrado a utilizar para apoyar su proceso de aprendizaje, la conceptualización y estudio de la física cuántica se vuelve más complejo y abstracto (Bouchée y otros, 2021).

En esa misma línea, la física cuántica también es una ciencia o campo de estudio un poco inusual, para el cual no se está normalmente habituado a comprender. Esto debido a que la mayoría de las personas no son capaces de conectar el



comportamiento abstracto de la física cuántica con la realidad física que ellos ven y experimentan, son situaciones poco comunes, que también son parte de ese nivel de abstracción que posee la física cuántica y que dificulta su conceptualización (Bouchée y otros, 2021).

Por otro lado, es necesario destacar que la física cuántica está presente en diversos aspectos de la vida cotidiana, y que esto también es parte de su conceptualización. Muestra de esto, se encuentra en el aporte de Bouchée y otros, (2021) quienes mencionan que la física cuántica es considerada como una base fundamental de la física moderna, pues gracias a esta se puede comprender la naturaleza desde las escalas más pequeñas.

En esa misma línea los investigadores Müller y Wiesner (2002) también destacan que la física cuántica es la rama de la física que otorga forma a nuestra visión de la naturaleza. Particularmente, es un estudio de la ciencia que brinda, de manera nueva, el privilegio de entender cómo funciona el mundo y la naturaleza, desde las más pequeñas escalas.

En torno a la conceptualización de la física cuántica, varios estudios (Bouchée y otros, 2021; Baily y Finkelstein, 2005; Müller y Wiesner, 2002) destacan que al ser un concepto abstracto genera muchas dificultades a la hora de su enseñanza y problemas conceptuales para el estudiantado. Sorprendentemente esto anterior, para Bouchée y otros (2021), incluso podría deberse al hecho de que la física cuántica no es estudiada desde edades tempranas en las escuelas. Los autores reportan que su introducción se empieza a dar en secundaria y con un abordaje un poco deficiente, en cuestiones conceptuales y epistemológicas. Entonces, en parte, genera estas dificultades conceptuales, destacando que es primordial que el estudio o la introducción de la física cuántica sean incorporados de manera más temprana y más atractiva para niños y niñas, con el fin de evitar estos problemas conceptuales.

En relación con lo anterior, la investigación reportada por Cuesta-Beltrán (2018) aporta que es importante el estudio de la física cuántica debido a que, gracias a esta, se han desarrollado grandes avances en ámbitos como la salud, la tecnología, ingeniería y ciencia. Es importante mencionar, que estas contribuciones han tenido un gran impacto en la sociedad y nuestro entendimiento de la naturaleza. Lo mencionado demuestra la necesidad de comprender que gracias a la física existen actualmente aportes que han beneficiado al ser humano y facilitado aspectos cotidianos, situación que Müller y Wiesner, (2002) ven como un aspecto importante. Esto es, el hecho de que el estudio de la física cuántica pueda relacionarse con aspectos cotidianos y usuales para que su comprensión sea más completa.

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

Aunado a lo anterior, se destaca que los propósitos de la física cuántica, según Dorlan y otros (2019) se relacionan con la importancia de comprender diversos fenómenos y conceptos del universo y la naturaleza en general, que no son explicables por medio de la física clásica. En este sentido se puede observar cómo, haciendo uso de la física cuántica el estudiantado puede tener un mayor acercamiento a conceptos y conocimientos que permiten la construcción de definiciones propias, definiciones fundamentales, pues estas forjan una base en el estudio del universo. Lo anterior permite visualizar cómo la física cuántica puede contribuir en la formación del estudiantado de diversas maneras, por lo cual, es esencial que desde edades tempranas los niños y las niñas se relacionen con los conocimientos que aporta esta disciplina.

La física cuántica, como se describió anteriormente, brinda beneficios especiales al estudiantado, no obstante, se debe comprender cómo es la representación del contenido de física cuántica en la educación primaria y los obstáculos en el aprendizaje que se pueden presentar. Inicialmente, en cuanto a la representación del contenido, los estudios reportados por Garrido de Barrios y otros (2014) exponen que existen propuestas que creen conveniente la implementación de recursos tecnológicos y comunicativos para introducir conceptos de la física cuántica. Esto es importante pues con su ayuda, se puede incrementar la concreción con la que el cuerpo estudiantil aprende sobre las temáticas nuevas. Lo anterior es relevante, debido a que la física cuántica conlleva el manejo de la abstracción para los niños y las niñas, por lo cual, facilitar ese proceso es ideal para una mayor comprensión de los conceptos y postulados.

En segunda instancia, Garrido de Barrios y otros (2014) también plantean que se pueden utilizar simuladores de videos y trabajos grupales, esto para introducir las temáticas de la física cuántica gracias al uso de análisis de problemas. A partir de esto se puede decir, que la gamificación es necesaria en el aprendizaje de los niños y las niñas, por lo cual, hacer uso de juegos para iniciar las temáticas de física cuántica brinda una mayor motivación de su estudio y entendimiento.

Por otra parte, con respecto a los obstáculos de aprendizaje de la física cuántica en educación primaria, se debe recalcar la poca comprensión de las concepciones relacionadas a la física cuántica. Sin embargo, esta complicación no solamente afecta al estudiantado, sino que también repercute en el desempeño de las personas docentes.

De eso se desprende lo aportado por los autores Garrido de Barrios y otros (2014) quienes entre los obstáculos que presenta el alumnado en el estudio de la física cuántica, resaltan que el aprendizaje es muy memorístico, lo que reduce el interés, el predominio de ideas previas que no son comparadas con evidencia científica, el



miedo de dar opiniones propias, debido a la rigidez de la metodología usada por las personas docentes y el fracaso en las pruebas. En líneas generales, se establece que la física cuántica genera cierto temor para el estudiantado, pero más allá de ser causado por el contenido estudiado, se puede decir que ese temor probablemente se deriva de la forma en que se imparte el contenido, que genera poco entusiasmo y, por ende, poco aprendizaje.

Ahora bien, como parte de los obstáculos del cuerpo docente, se destaca el poco dominio o interés por la forma en la que el estudiantado piensa y aprende, así como también la concepción de que es suficiente con hacer un estudio superficial de las temáticas. De igual manera, el uso de metodologías tradicionales que no toman en cuenta los intereses del estudiantado (Garrido de Barrios y otros, 2014; Cuesta-Beltrán, 2018). Debido a esto, se demuestra que una de las dificultades que más afecta al profesorado y por ende al grupo estudiantil, es que no existe un verdadero entusiasmo por impartir contenido relacionado a la física cuántica, lo que se traduce en clases memorísticas, tradicionales y poco significativas.

A lo largo de este apartado se han descrito algunos referentes conceptuales que se relacionan con los propósitos, formas de representación y obstáculos de aprendizaje de la física cuántica. No obstante, se considera que es importante comprender las razones del aprendizaje de la física cuántica en educación primaria.

Para empezar, es necesario mencionar que, desde hace muchos años, la física cuántica ha sido implementada especialmente en los planes de estudio de educación secundaria. Sin embargo, hay autores que con sus investigaciones concluyen que también es oportuna la inserción de temáticas relacionadas con la cuántica en la etapa escolar (Bouchée y otros, 2021; Garrido de Barrios y otros, 2014). A partir de estas afirmaciones se sugiere que, aunque en un principio se tenía la creencia de que la física cuántica era exclusivamente para estudiantes de secundaria, se observa cómo, con el tiempo, se evidencia que también es útil y necesario realizar una introducción a las temáticas desde la etapa escolar.

A pesar de lo anterior, aún existe una clara resistencia a la enseñanza y aprendizaje de la física cuántica, debido a que como menciona el trabajo reportado por Cuesta-Beltrán (2018) muchos currículos del todo no lo incluyen o lo hacen de forma muy superficial. Lo anterior dificulta la construcción del aprendizaje del estudiantado, aunque como se mencionó antes y lo recalcan Dorlan y otros (2019), siempre es posible encontrar formas de introducir la física cuántica para una mejor y fácil comprensión para niños y niñas, como con el uso de la gamificación. En resumen, aunque no se ha logrado introducir totalmente la física cuántica en la educación (ni en primaria, ni secundaria) sí existen maneras de hacer que el esfuerzo por impartir el contenido sea más ameno, como con el uso de juegos.

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

Una vez definido cómo ha sido el estudio de la física cuántica en educación primaria, es necesario reconocer cómo es la relación de la física cuántica dentro de los programas de estudio de ciencias de II Ciclo de la educación general básica en Costa Rica. En torno a esto, es importante destacar, que se trabaja con el II ciclo de educación, porque previo al proceso de construcción de la intervención, se realizó un proceso de investigación y revisión sobre los programas de estudio de ciencias.

Esta revisión otorgó como resultado, que, de manera general, en el I ciclo (primero, segundo y tercero año escolar), no se encuentra variedad de contenidos propios del programa educativo que puedan relacionarse de manera directa con algún tema de física cuántica. Mientras que, por otro lado, en los ciclos más altos, existen más contenidos curriculares que pueden tener correspondencia con temas relacionados con la física cuántica. Esto anterior, propicia el hecho de que, para la aplicación de la intervención, se delimite el estudio al II ciclo (cuarto, quinto y sexto año) de la educación general básica costarricense.

En primer lugar, es importante destacar que, en el programa de estudio de ciencias, el MEP (2016) aclara que, en respuesta a los avances en materia de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, se ha querido avanzar del enfoque tradicional a enfoques más participativos, que permitan que el estudiantado reflexione, se cuestione, proponga y analice una variedad de situaciones problemáticas. Lo anterior demuestra que, en Costa Rica, por medio del programa de estudio, se han realizado esfuerzos por incorporar mejoras en los contenidos y formas de impartir el contenido científico, esto con el fin de formar estudiantes más integrales.

Aunado a lo anterior, se debe enfatizar que la selección de los contenidos que forman parte de los programas de estudio implica conocer principios y criterios. Esto, debido a que, estos conocimientos, permiten identificar cuáles son los contenidos que se deben enseñar como parte de una disciplina (Zuluaga Trujillo, 2015). Es por ello por lo que se concluye que los criterios de selección de las temáticas relacionadas con la física cuántica, que están presentes en el programa de estudio en Costa Rica, tienen razones y estudios de fondo, no obstante, la información al respecto es prácticamente nula.

Anteriormente, se hizo mención, a la revisión que se realizó de los programas de estudios de ciencias de todos los niveles educativos. Como parte de los resultados de dicha revisión se logró determinar que, de manera más específica, es en el nivel de quinto año en donde se identifican contenidos curriculares que tienen más posibilidades de ser enlazados con contenidos propios de la física cuántica. Es por esa razón, que, en busca de tener más apertura hacia diversos temas, contenidos y estrategias, es que se decide trabajar con el nivel de quinto año de la educación primaria costarricense.



A partir de lo anterior, es que se pueden poner en evidencia cuáles son los criterios de evaluación de quinto año que tienen una relación de forma directa o indirecta con la física cuántica. De esto se obtiene que estos criterios son: reconocer la existencia de la corriente eléctrica en fenómenos de la vida cotidiana, reconocer las manifestaciones de la energía magnética, mediante los efectos de un imán en diferentes materiales del entorno y describir algunos componentes del universo y los cuerpos que conforman el Sistema Solar, entre ellos el planeta Tierra (MEP, 2016).

Los criterios anteriormente expuestos, pueden relacionarse más específicamente con aspectos propios de la física cuántica tales como la relación entre átomos y partículas, la corriente eléctrica, cargas de las partículas, campo magnético, planetas del Sistema Solar. Por ello, se demuestra que, si bien es cierto, se pueden inferir las relaciones entre los contenidos propuestos en el programa de estudio de ciencias para quinto año y los temas de la física cuántica, no existe en el programa ningún apartado que haga alusión a la física cuántica de forma específica.

Para cerrar con este apartado y tomando en cuenta todos los aspectos anteriores, es pertinente abordar el aprendizaje de física cuántica considerando los postulados del enfoque educativo STEAM. Para iniciar, se debe considerar que según lo reportado por el estudio de Cuesta-Beltrán (2018):

El formalismo matemático que se aborda comúnmente en la enseñanza convencional de las clases de física cuántica presenta dificultades a los estudiantes, debido al alto nivel de abstracción sobre el cual reposan modelos de ciertos fenómenos cuánticos que se han intentado explicar (p. 150).

Es por esto por lo que STEAM brinda una alternativa que puede ser funcional en la física cuántica, debido a las disciplinas que permite incorporar, que pueden motivar y facilitar el aprendizaje de los contenidos relacionados a la física. Acorde con lo anterior, también se resalta la importancia de disciplinas como las matemáticas, que están contempladas dentro del enfoque educativo STEAM, ya que con las matemáticas se permite una prevalencia de la formación del pensamiento cuántico (Cuesta-Beltrán, 2018). Es por este motivo que se concluye que más allá de aprovechar el enfoque STEAM para motivar al estudiantado por medio de clases más dinámicas y participativas, el uso de este enfoque tiene razones de fondo, por lo cual, otorgar una oportunidad para su implementación en la física cuántica puede beneficiar al estudiantado.

Finalmente, se puede enfatizar lo mencionado por la investigación realizada por Wenner y Simmonds (2017), quienes aportan que los niños pequeños a menudo son capaces de involucrarse en la ciencia más profundamente de lo que se les da

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

crédito. Por lo tanto, es importante exponer a las niñas y niños más pequeños a las emocionantes ideas que pueden alentar su búsqueda futura de materias STEAM. De este modo, se concluye que STEAM es tan útil para la física cuántica, como la física cuántica lo es para STEAM, ya que ambas obtienen beneficios de su implementación, asimismo, quienes se favorecen, especialmente, es el cuerpo estudiantil que puede experimentar la riqueza de recibir una formación que integra varias disciplinas.

Metodología

La presente investigación cuantitativa con alcance descriptivo tiene como propósito principal, diseñar una propuesta de aprendizaje sobre la física cuántica basada en el enfoque educativo STEAM, con el fin de promover las actitudes necesarias para el estudio de las ciencias, en el quinto año de la educación primaria costarricense. En términos más específicos el foco se sitúa en los siguientes objetivos:

- Analizar el cambio en las actitudes hacia la ciencia en estudiantes escolares de quinto año con la implementación de una intervención basada en la metodología STEAM.
- Establecer si existen diferencias estadísticas significativas en las actitudes hacia la ciencia en función del género, considerando los momentos antes y después de la intervención.

Muestra

La muestra seleccionada de modo incidental e intencional estuvo constituida por 31 estudiantes que en 2022 cursaban el quinto grado escolar en la Escuela Laboratorio Emma Gamboa, centro educativo donde se promueve un modelo pedagógico constructivista. En cuanto al género 16 son hombres y 15 son mujeres, aunque es importante señalar que los días en que se aplicó el instrumento, la asistencia de los estudiantes no fue completa, razón por la cual, el instrumento fue completado por 14 hombres y 12 mujeres, de manera tal, que este grupo de estudiantes representan a los sujetos que brindaron la información sobre las actitudes que poseen ante la ciencia escolar, antes y después de la intervención.

Finalmente, para garantizar la homogeneidad de la muestra frente al análisis y la estimación estadística, se consideraron aleatoriamente los datos de 13 mujeres y 13 hombres para el momento anterior a la intervención y 12 mujeres y 12 hombres considerando el momento posterior para el análisis comparativo según el género.



Para realizar un análisis global se consideraron los datos proporcionados por 24 estudiantes al inicio y 24 estudiantes al final.

Instrumento de recolección de la información

Para el proceso de recolección de información se aplicó un cuestionario con escala tipo Likert, en dos momentos, para el pretest y el postest, que en este caso, es el mismo en ambas etapas, esto con el objetivo de determinar mediante pruebas estadísticas si existe o no un cambio entre el momento antes y después de la aplicación de la intervención educativa con enfoque STEAM, en términos generales y más específicos considerando el género de las personas estudiantes participantes.

La escala consta de 10 ítems acerca de las actitudes hacia la ciencia escolar. Cada estudiante respondió de acuerdo con su opinión sobre el enunciado. Las respuestas comprenden 5 niveles en la escala Likert: desde el (1) muy en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) no estoy segura (o), (4) de acuerdo hasta (5) totalmente de acuerdo. Dada la edad de las personas participantes, se consideró pertinente el uso de emoticones que representan los niveles de la escala, de este modo, le permiten al estudiantado relacionar las expresiones emocionales con su grado de acuerdo en el ítem correspondiente.

Los ítems del cuestionario fueron tomados del instrumento denominado TOSRA constituido por 70 ítems subdivididos en categorías que valoran diversos aspectos de las actitudes hacia la ciencia escolar (Fraser, 1981). De acuerdo con Toma (2020) en su revisión sobre instrumentos que miden las actitudes hacia la ciencia escolar, es, en su versión en español brindada por Navarro y otros (2016), uno de los instrumentos con mayor fiabilidad y validez, pues como indica el autor destaca una fiabilidad en el alfa de Cronbach que comprende el intervalo 0,63-0,91 y una validez de 0,60 siendo así el instrumento con el segundo puntaje más alto en la escala de revisión que realiza el autor. Navarro y otros (2016) desarrollaron una traducción válida de lengua inglesa a castellana para aplicar su versión en el contexto latinoamericano.

Del instrumento original constituido por 70 preguntas se extrajeron solamente aquellos ítems dentro de la categoría de disfrute hacia la ciencia escolar, en concordancia con los objetivos del presente estudio. De igual manera, se determinó que, para niños y niñas en edad escolar de quinto año, no era prudente el uso de un gran número de cuestionamientos, pues al ser muchas preguntas, podría generarse la limitación de que el estudiantado no respondiera con sinceridad, razón por la cual, se optó por incluir solamente 10 ítems dentro del instrumento final.

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

Si bien TOSRA es un instrumento con altos índices de validez y confiabilidad, al no aplicarlo de manera íntegra, y realizar la selección de algunos cuestionamientos, se consideró importante, realizar una validación preliminar para valorar si en el contexto escolar costarricense, el instrumento era comprensible para la población escolar de quinto año.

El proceso de validación se llevó a cabo con un grupo prueba de 31 estudiantes de quinto año de otro centro educativo (un grupo con características similares al grupo de estudio), a quienes se les pidió la colaboración de completar el instrumento, y una vez finalizado el mismo, también se les consultó por la comprensión de las preguntas. Luego de esta aplicación, y tomando en cuenta las respuestas del estudiantado, se logró determinar que aquellas preguntas que estaban redactadas en modo negativo, generaban confusión en los niños y las niñas a la hora de reconocer su opinión, por esta razón, y tratando de no cambiar la naturaleza del ítem, es que se modificó parcialmente la redacción de aquellos en los que hubo mayor dificultad de comprensión.

Procesamiento y análisis de los datos

El procesamiento y el análisis de los datos se realizó mediante el programa SPSS versión 22. En primera instancia, se llevó a cabo un análisis descriptivo exploratorio a partir del cálculo de la media, desviación estándar y varianza para los diez ítems del cuestionario, considerando las variables género y momento de la intervención. Con el fin de establecer si existen diferencias estadísticas significativas entre hombres y mujeres, así como entre el antes y después del desarrollo de la propuesta, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney al 95% de confianza, dada la carencia de normalidad ($p < ,05$) confirmada a través de la prueba Kolmogorov-Smirnov.

Intervención STEAM

La intervención aplicada para el presente trabajo de investigación fue realizada por el equipo del proyecto TC-695: *Enseñando ciencia basada en observación y experimentación* de la Escuela de Física de la Universidad de Costa Rica, el cual está integrado por estudiantes de distintas carreras de Ciencias e Ingenierías y profesores universitarios. El rol de las personas investigadoras consistió en la observación participante, además, la persona docente a cargo del grupo escolar, también participó como observadora. La aplicación de la intervención en el grupo de clase estuvo a cargo del equipo del proyecto.

Para orientar las actividades se planificaron 3 talleres, uno por sesión, además se eligieron tres objetivos del programa de estudio de ciencias del MEP, que guardan



relación con la física cuántica. , Se establecieron las actividades de las sesiones en concordancia con estos objetivos, el modelo pedagógico del centro laboratorio y el enfoque educativo STEAM.

En la fase del diseño de la propuesta centrada en la modalidad taller, se realizaron diferentes actividades para el aprendizaje de contenidos de ciencias en cada sesión, enlazados con la física cuántica, utilizando aspectos narrativos de la obra literaria *El Principito* de Antoine de Saint-Exupéry. Estas actividades tienen como objetivo abordar temas relacionados con la corriente eléctrica, la energía magnética y el Sistema Solar. Teniendo en cuenta la selección de estos tópicos, se decidió abarcar un contenido científico escolar por sesión, con una duración de 50 minutos. A continuación, se detallan las actividades y objetivos establecidos para cada taller STEAM.

En el primer taller el criterio de evaluación seleccionado del programa de ciencias fue reconocer la existencia de la corriente eléctrica en fenómenos de la vida cotidiana (MEP, 2016). En primera instancia, como se expone en la tabla 1, para dar inicio se realizó una presentación de las personas estudiantes, de las investigadoras y miembros del proyecto de acción social. Seguidamente, se aplicó el cuestionario sobre actitudes hacia la ciencia escolar al estudiantado. Se realizó, además, una introducción sobre lo que se va a realizar en el taller y el objetivo. Para la guía de las actividades, se trabajó mediante una obra de teatro, con personajes de la obra literaria mencionada.

Para ello se comentó cómo se relaciona el taller con la obra de teatro "*Lo esencial son los átomos del Principito*" y se evidenció que las explicaciones de los conceptos y de las actividades las realizaban los personajes.

Las presentaciones se realizaron mediante estaciones, en las cuales se profundizó sobre los contenidos científicos. En la primera estación se realizó la explicación del concepto de corriente eléctrica; la segunda estación introdujo el concepto de circuito eléctrico y, por último, la tercera ejemplificaba el uso de los circuitos eléctricos.

Tabla 1. Estrategias didácticas aplicadas en el primer taller de la intervención STEAM.

Actividad	Tiempo	Descripción	Materiales
Actividad de iniciación	5 minutos	Introducción a la actividad. Se realiza una presentación breve de las personas participantes y se comenta el objetivo del taller. El personaje del Científico inicia la obra en compañía del Principito.	-
Aplicación del cuestionario sobre actitudes hacia la ciencia	10 minutos	Las personas investigadoras aplican el cuestionario sobre actitudes hacia la ciencia escolar.	Cuestionario sobre actitudes hacia la ciencia escolar.
Estación 1 de la obra de teatro: Mujer creída	5 minutos	Por medio del personaje de la Mujer Creída se inician las actividades. El Científico llega a su estación buscando respuestas. Se responde a las preguntas ¿Qué es la corriente eléctrica? ¿Dónde la pueden encontrar?	Escenografía Bobina Bombillo
Juego 1: tubos de botellas	3 minutos	Se hacen dos grupos de 5 estudiantes, se les entrega botellas de plástico y se les indica que en 2 minutos deben pasar la mayor cantidad de bolitas (electrones) posible. El o la estudiante que logre pasar más electrones será quien gane el juego.	Botellas de plástico Bolas (que representan electrones)
Estación 2 de la obra de teatro: Científico y el negociador	5 minutos	El Negociador le vende al Científico y al Principito unas luces navideñas. El Científico pregunta el tipo de circuito que tienen las luces y para ejemplificar usa el juego 2.	Escenografía Luces de navidad
Juego 2: competencia de circuito	5 minutos	Se divide al grupo de estudiantes en dos y se nombra a un grupo circuito en serie y al otro circuito en paralelo. Se acomodan en diferentes posiciones para simular el flujo de los electrones y el que logre pasar la mayor cantidad de electrones, gana.	Bolitas de papel Cajas para que cada grupo encesta
Juego 3: ventiladores y prevenciones	5 minutos	Se pasan a 1 o 2 estudiantes para que puedan conectar los cables que hacen que haya flujo de corriente por la fuente de alimentación y luego por los ventiladores. El objetivo es explicarles las prevenciones a tomar en cuenta durante la manipulación de corriente en la vida cotidiana y mencionar los sistemas de protección incorporados en las fuentes de poder de los dispositivos que se tienen en la casa.	Ventiladores Fuente de alimentación reciclada de una PC.
Estación 3 de la obra de teatro: Farolero	5 minutos	El Científico y el Principito llegan donde el Farolero para finalizar con su búsqueda de respuestas.	Lámpara.
Juego 4: arduinos	5 minutos	Se les enseña el funcionamiento de los circuitos eléctricos por medio de una demostración con arduinos. Se responde a las preguntas ¿Qué es un circuito? ¿Cómo funciona un circuito?	Arduinos Luces Led
Cierre	2 minutos	Se retoman los contenidos científicos estudiados. Se agradece a las personas participantes y se despiden los personajes de la obra de teatro.	-

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se realizaron cuatro juegos que requerían la participación del estudiantado, con la finalidad de hacer una demostración sobre la corriente eléctrica y cómo funciona. En el primero se ejemplificaron los conceptos de corriente eléctrica, carga eléctrica y resistencia eléctrica. Con el segundo juego se ejemplificaron los tipos de circuitos (serie y paralelo). En el tercer juego, las personas estudiantes visualizaron los tipos de circuitos que se pueden realizar. En el cuarto juego, se usaron arduinos para mostrar el funcionamiento de los circuitos eléctricos, abordando conceptos como circuito eléctrico, funcionamiento del circuito y tipos de circuitos. Para el cierre de este taller, se realizó un agradecimiento al estudiantado y se despidieron los personajes de la obra de teatro.

Para el segundo taller se utilizó el criterio de evaluación de reconocer las manifestaciones de la energía magnética mediante los efectos de un imán en diferentes materiales del entorno (MEP, 2016). Para la introducción de este taller, se presentó al estudiantado los personajes de la obra literaria *El Principito* que les guiaron y explicaron los contenidos científicos de la sesión por medio de diálogos e interacciones entre personajes. En primera instancia, como se muestra en la tabla 2, se introdujo el personaje de El Principito, que recapitula lo aprendido en el taller anterior, con el fin de iniciar con la conceptualización de la energía magnética. Luego, la primera actividad grupal consistió en crear una brújula con los materiales dados.

Posteriormente, se realizó un experimento para visualizar las líneas de campos magnéticos con ayuda de diversos materiales que permiten la interacción del estudiantado. Seguidamente, las personas que interpretaron los personajes de la obra brindaron la explicación del concepto de líneas de campos magnéticos. Del mismo modo, en las dos siguientes actividades se explicó mediante la experimentación, los conceptos de la fuerza magnética y el electromagnetismo. Para el cierre de este taller, el personaje El Principito resumió lo que se visualizó y abrió un espacio para que los estudiantes manifestaran sus dudas o cuestionamientos.

Finalmente, en el tercer taller, el criterio de evaluación utilizado fue describir algunos componentes del universo y los cuerpos que conforman el Sistema Solar, entre ellos el planeta Tierra (MEP, 2016). Para iniciar, como se expone en la tabla 3, se realizó la actividad de iniciación que consistió en la reconstrucción creativa de un final alternativo para la obra *El Principito*, de forma conjunta, luego se estudiaron las características del Sistema Solar, especialmente de los planetas que lo conforman. Las personas estudiantes pasaron por cinco estaciones, en las cuales debían participar en equipos para clasificar las características de cada planeta según

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

correspondía. En cada estación se encontraron un personaje de la obra literaria que les ampliaba la información acerca de los planetas.

Tabla 2. Estrategias didácticas aplicadas en el segundo taller de la intervención STEAM

Actividad	Tiempo	Descripción	Materiales
Introducción del tema del taller y recapitulación	5 minutos	Se asigna a cada estudiante una tira de color, la cual se tiene que amarrar a la muñeca. El Principito recapitula el taller anterior y hace preguntas sobre otros tipos de energía.	Tiras de colores de lana.
Explicación del concepto de energía magnética	5 minutos	El científico entra con una brújula y al principio junto con el zorro le preguntan sobre el objeto. El científico explica la energía magnética y realizan la actividad de crear una brújula con materiales de reciclaje	Brújula real para luego comparar con la brújula creada.
Creación de una brújula	5 minutos	Se realizan grupos y cada uno cuenta con los materiales para crear la brújula. Es una competencia, el equipo que pueda crear una brújula y la aguja se oriente hacia el norte, es el equipo ganador.	Recipiente de plástico Tapa de una botella Una aguja y un imán Una ficha con los puntos cardinales.
Visualización de las líneas de campo magnético	10 minutos	El Principito se cuestiona que nunca ha visto las líneas magnéticas a pesar de viajar de planeta en planeta. La Mujer Creída realiza la actividad para visualizar las líneas del campo magnético. Se visualizan las líneas de campos magnéticos de un imán con limadura de hierro.	Limadura de hierro Imanes Una hoja de papel
Explicación de la fuerza magnética	10 minutos	El Principito se cuestiona que una fuerza se genera cuando dos personas tiran de una cuerda, pero no entiende dónde puede haber fuerza en el magnetismo. Se suspenden agujas en el aire con ayuda de la fuerza de un imán.	Agujas enhebradas con hilos Imanes
Explicación del electromagnetismo	10 minutos	El científico anda buscando al mercader para el experimento. El científico quiere crear luz a partir de la energía magnética. El Farolero explica que existe otra forma de generar electricidad, por medio del movimiento de campos magnéticos.	Bobina Batería Imanes Cable de cobre Luz Led
Cierre	5 minutos	El Principito resume lo visto y abre espacio a preguntas.	-

Fuente: Elaboración propia.



En la primera estación se evidenciaron características del Sol, en la segunda estación se encontraron los planetas de Mercurio y Venus, en la tercera estación se observaron Tierra y Marte, en la cuarta estación, Júpiter y Saturno, por último, en la quinta estación, se visualizan Urano y Neptuno. Posteriormente, se realizó un juego visual de memoria en el cual, el estudiantado organizó tres equipos para competir, según las indicaciones dadas. Para el cierre de este taller, se realizó un juego de competencia en equipos, que consistió en contestar preguntas acerca de la temática estudiada, con el fin de reafirmar los conocimientos adquiridos. Al culminar, se agradeció al estudiantado por la participación y colaboración, para finalmente aplicar el cuestionario sobre actitudes hacia la ciencia escolar al estudiantado.

Tabla 3. Estrategias didácticas aplicadas en el tercer taller de la intervención STEAM

Actividad	Tiempo	Descripción	Materiales
Actividad de iniciación	10 minutos	Se aplica un juego dinámico para modificar la historia de El Principito.	-
Explicación el Sistema Solar por medio de estaciones	15 minutos	Se estudian las diferentes características de los planetas del Sistema Solar y del Sol por medio de cinco estaciones: <ul style="list-style-type: none"> ■ Estación 1: El Sol ■ Estación 2: Mercurio y Venus ■ Estación 3: Tierra y Marte ■ Estación 4: Júpiter y Saturno ■ Estación 5: Urano y Neptuno En cada estación se encuentra un personaje de la obra para guiar al estudiantado y ampliar algunos datos.	Papeles con información sobre los planetas del Sistema Solar Imágenes de los planetas del Sistema Solar
Juego del Sistema Solar	10 minutos	Se realiza un juego de memoria visual y asocie de los nombres de los planetas con su imagen.	3 juegos de cartas con 21 cartas cada uno. Cartel con la imagen de los planetas del Sistema Solar.
Cierre	5 minutos	Se aplica un juego de preguntas tematizado con El Principito para evaluar los aprendizajes del taller.	Preguntas sobre el taller.
Aplicación del cuestionario sobre actitudes hacia la ciencia escolar	10 minutos	Las personas investigadoras aplican el cuestionario sobre actitudes hacia la ciencia escolar.	Cuestionario.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Actitudes hacia la ciencia con una intervención STEAM

Como parte del análisis exploratorio que se realizó, se incorporó una comparación que incluía las posibles diferencias entre el pretest y el postest aplicado en el desarrollo de la intervención. En la tabla 4 se exponen los resultados sobre las variaciones en las actitudes del conjunto escolar.

Tabla 4. Cambio en las actitudes hacia la ciencia en estudiantes escolares de quinto año con la implementación de una intervención basada en la metodología STEAM (N=24).

Ítem	Momento de la intervención					
	Antes			Después		
	M	D.T.	S ²	M	D.T.	S ²
1. Al terminar mis estudios me gustaría ser científico (a)	2.88	1.116	1.245	2.71	.806	.650
2. Me gustaría trabajar en un laboratorio de ciencias.	2.92	1.139	1.297	3.04	.908	.824
3. Espero con ansias las clases de ciencia.	3.50	1.103	1.217	3.38	1.013	1.027
4. Los contenidos de ciencia no son interesantes.	2.58	1.100	1.210	2.17	1.204	1.449
5. Me gustaría hacer experimentos científicos en casa.	4.25	.794	.630	3.92	1.381	1.906
6. Disfrutaría más la escuela si no tuviese clase de ciencia.	2.04	.908	.824	2.71	1.083	1.172
7. Trabajar en un laboratorio de ciencia es una forma interesante de ganarse la vida.	3.63	.924	.853	3.42	1.100	1.210
8. Las clases de ciencia son una pérdida de tiempo.	2.04	1.122	1.259	2.13	1.116	1.245
9. Cuando termine mis estudios, me gustaría trabajar con personas que hacen descubrimientos científicos.	2.88	1.076	1.158	3.13	1.262	1.592
10. No me gustan las clases de ciencia	2.00	1.103	1.217	2.46	1.062	1.129

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis exploratorio revelan que en términos descriptivos no existen amplias diferencias estadísticas en las actitudes hacia la ciencia considerando el momento previo y posterior. En primera instancia, reconocemos que antes de la intervención, las niñas y los niños tenían un mayor gusto de llegar

a ser científico/a en el futuro, más ansias por participar de las clases de ciencia y con un alto grado de acuerdo respecto a que les gustaría realizar experimentos en casa. Más adelante se evidencia una sutil baja en las medias de estas actitudes que posiblemente podrían relacionarse con otros factores descritos en la literatura como la percepción de que la ciencia es difícil, la interacción emocional con la persona docente, los métodos de evaluación o la aparición de emociones como el temor o el rechazo que en algunos casos genera alejamiento de los itinerarios científicos.

A pesar de que se diseñó un conjunto de actividades articuladas que vinculaban la física cuántica con la obra de *El Principito*, se observa que la intervención no facilitó un mayor gusto por las clases de ciencias, por añadidura, los resultados de la prueba U de Mann-Whitney (ver tabla 5) revelan de manera significativa que disfrutarían más la escuela si no tuviesen clases de esta asignatura. Sin embargo, sí podemos afirmar que la intervención favoreció en valorar como interesantes los contenidos de ciencia, despertar el gusto por trabajar en un laboratorio de ciencias y en la expectativa de laborar con personas que hacen descubrimientos científicos.

Tabla 5. Prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para las actitudes hacia la ciencia escolar en función del momento de la intervención.

Ítem	U	p
1. Al terminar mis estudios me gustaría ser científico (a)	283.500	.919
2. Me gustaría trabajar en un laboratorio de ciencias.	258.500	.506
3. Espero con ansias las clases de ciencia	270.000	.695
4. Los contenidos de ciencia no son interesantes	226.000	.186
5. Me gustaría hacer experimentos científicos en casa	271.500	.715
6. Disfrutaría más la escuela si no tuviese clase de ciencia	190.000	.034*
7. Trabajar en un laboratorio de ciencia es una forma interesante de ganarse la vida.	263.000	.590
8. Las clases de ciencia son una pérdida de tiempo.	273.500	.752
9. Cuando termine mis estudios, me gustaría trabajar con personas que hacen descubrimientos científicos.	253.000	.451
10. No me gustan las clases de ciencia	212.000	.100

Esto supone que a pesar de las actividades planteadas, el grupo estudiantil no muestra expectativas contundentes sobre ser científico o científica, el resultado anterior es muy similar a los resultados obtenidos en el estudio de Vázquez y Manassero (2008), los cuales revelan que las expectativas de los estudiantes para ser científicos/científicas en el futuro son bajas. Tanto el estudio realizado por los autores como los resultados obtenidos en la presente investigación, coinciden en que las personas estudiantes, en edades tempranas, no consideran la ciencia como una actividad para desempeñarse en el futuro.

Asimismo, lo mencionado implicaría de alguna forma, que la educación que se está ofreciendo actualmente a la población estudiantil no logra motivarlos de manera suficiente, para que desde edades tempranas aspiren carreras científicas. Lo anterior, es respaldado por Toma y Meneses (2019), quienes afirman que estas decisiones y apertura por optar por elecciones profesionales en el futuro, así como el interés por la ciencia, se comienza a desarrollar justamente, desde estos primeros niveles educativos, de manera tal, que se hace necesaria una educación enfocada en despertar el interés por el conocimiento y la actividad científica.

Ahora bien, otro hallazgo que se considera importante destacar, es que los niños y las niñas no consideran que las clases de ciencias sean una pérdida de tiempo, lo cual se manifestó en medias muy similares derivadas de los datos del pretest y postest; sin embargo, sí se obtiene medias ligeramente más altas cuando se les cuestiona sobre su gusto por las clases de ciencia.

Esto anterior, podría indicar que, existe dentro del grupo estudiantil poco gusto hacia las clases de ciencia como tal, pero que, a pesar de esto, los niños y las niñas están conscientes de la importancia de las clases de ciencias y cómo estas podrían ser una inversión positiva de tiempo, recayendo estos resultados, en la posibilidad de que el estudiantado podría tener actitudes positivas hacia las ciencias, sin embargo, para las clases de ciencia en sí, tienen actitudes más negativas, proyectando con esto la probabilidad de que sea la estructura misma de las clases de ciencias la que disminuya el disfrute hacia la ciencia escolar en el estudiantado.

En ese sentido, Esquer y Fernández (2021) afirman, que una de las principales razones por las cuales no se logra llevar a cabo un proceso adecuado de educación científica, se debe, entre otras razones, a que la práctica docente aún sigue utilizando las clases de exposición como único medio didáctico, y que la innovación no ha sido un concepto bien interiorizado pues se reduce a sustituir la pizarra por la pantalla; destacando por ejemplo, que una de las principales acciones a tomar



para que las clases de ciencias sean atractivas, es motivar al estudiantado para que se inclinen hacia el estudio de algunos de los campos STEAM.

En concordancia con lo anterior, Numanoi y otros (2019) exponen que es importante que se reconozca que las clases de ciencias sean experimentales y que, para poder lograr un aprendizaje significativo e integral, la memorización debe dar paso a estrategias de aprendizaje activo, que no solo promuevan una mayor comprensión de los temas científicos sino también que desarrollen la mente inquisitiva y la creatividad.

Ahora bien, es importante destacar que el análisis de resultados también reflejó que no hubo muchos cambios estadísticos significativos en torno al momento antes y después de la aplicación, es decir, que las actividades planteadas de alguna manera no lograron aumentar en el estudiantado las actitudes positivas hacia el disfrute de las ciencias en la mayoría de los ítems. La única diferencia destacable como se mencionó anteriormente, corresponde a que después de la aplicación de la intervención se evidencia que los estudiantes disfrutarían más la escuela si no tuvieran clases de ciencias.

Esto anterior, podría dar una idea de que, a pesar de que no hubo en la mayoría de los ítems diferencias importantes, existe una diferencia significativa que es necesario atender en el proceso de la mediación pedagógica, y con esto también reconocer que algunas actividades de la intervención sí lograron impactar de modo favorable las actitudes vinculadas con el disfrute de la ciencia.

En virtud de lo anterior existe la posibilidad de que al aplicar diversas estrategias y metodologías alternativas dentro del aula escolar, las niñas y los niños se sientan más atraídos y motivados hacia las ciencias. Por lo tanto, es necesario que en la educación primaria se utilicen estrategias enfocadas en despertar en el estudiantado el interés por el conocimiento científico (Toma y Meneses, 2019).

De la misma manera, los autores antes mencionados destacan "...la necesidad de diseñar y desarrollar intervenciones educativas desde edades tempranas para despertar el interés y retener a las niñas en la Ciencia, especialmente en aquellas disciplinas en las que se encuentran más infrarrepresentadas, como la física" (2019, p.11). Si bien es cierto, la cita anterior menciona las niñas de manera más específica, se considera importante que el desarrollo de estas intervenciones no solo beneficia a las niñas, sino al alumnado en general independientemente de su sexo para que puedan desarrollarse así actitudes positivas hacia la ciencia escolar.

Por otro lado, se encuentra que para Durk y otros (2020), el aprendizaje activo es una herramienta esencial para lograr aumentar de manera significativa el interés por la física, y de alguna manera, las estrategias de aprendizaje activo, también forman

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

parte esencial en los procesos de autoeficacia de las niñas, para que puedan sentirse más capaces dentro de las áreas científicas.

A pesar de que los autores destacan la importancia del aprendizaje activo para un proceso de enseñanza que disminuya algunas brechas de género, se considera que su aporte sobre el aprendizaje activo y valorando los resultados obtenidos de la intervención, es importante, debido a que respaldan, que al utilizar un aprendizaje cada vez más alejado de lo tradicional, que incorpora diversas áreas no solo científicas, sino también la literatura, las artes, entre otras, se podría generar una enseñanza activa que motive al estudiantado y le genere un mayor disfrute por la ciencia.

Actitudes hacia la ciencia según el género

En la tabla 6 se exponen los resultados del análisis comparativo entre las actitudes de los hombres y las mujeres en el momento previo a la intervención. Los hallazgos demuestran que tanto los niños como las niñas registran medias similares y cercanas. Las niñas registran una media mayor que los niños en la mayoría de los ítems, sin embargo, las diferencias no resultan significativas, salvo en el ítem "Me gustaría trabajar en un laboratorio de ciencias" a favor de los niños ($p=.030$) (ver tabla 7).

Antes de la intervención, las niñas esperan con ansias las clases de ciencias (ítem 3). Sin embargo, también exponen que disfrutarían más la escuela si no tuviesen estas clases (ítem 6), las cuales consideran como una pérdida de tiempo (ítem 8) y no resultan de su agrado (ítem 10). Por añadidura, a diferencia de los varones, les resulta menos atractivos los contenidos científicos (ítem 4).

Con frecuencia los contenidos, la forma transmisiva en que se abordan, la representación de las personas científicas, tiende a disminuir el disfrute en las niñas. El estudio de Toma y Meneses (2019) determinó que estos niveles bajos de interés son consistentes con la premisa de que el sistema educativo no ha logrado ofrecer al estudiantado una ciencia escolar atractiva que les genere actitudes favorables.

Según Fernández y Sáez (2020), el profesorado emplea material didáctico con contenidos que no resultan motivadores para las niñas, lo cual les sitúa en una condición de desventaja respecto a los varones. Por ejemplo, se utilizan libros de texto que no abordan contenidos científicos femeninos, sino que refuerzan la idea de que las ciencias son exclusivas para los hombres.



Tabla 6. Actitudes hacia la ciencia en función del género antes de la intervención STEAM.

Ítem	Género					
	Hombres			Mujeres		
	M	D.T.	S ²	M	D.T.	S ²
1. Al terminar mis estudios me gustaría ser científico(a)	2.85	1.214	1.474	2.92	.954	.910
2. Me gustaría trabajar en un laboratorio de ciencias.	3.31	1.316	1.731	2.38	.768	.590
3. Espero con ansias las clases de ciencia	3.46	1.127	1.269	3.77	1.166	1.359
4. Los contenidos de ciencia no son interesantes	2.46	1.127	1.269	2.62	1.121	1.256
5. Me gustaría hacer experimentos científicos en casa	4.15	.801	.641	4.46	.776	.603
6. Disfrutaría más la escuela si no tuviese clase de ciencia	2.00	1.000	1.000	2.08	.862	.744
7. Trabajar en un laboratorio de ciencia es una forma interesante de ganarse la vida.	3.69	1.109	1.231	3.77	.832	.692
8. Las clases de ciencia son una pérdida de tiempo.	1.69	.855	.731	2.31	1.251	1.564
9. Cuando termine mis estudios, me gustaría trabajar con personas que hacen descubrimientos científicos.	3.00	1.225	1.500	3.08	1.188	1.410
10. No me gustan las clases de ciencia.	1.77	.832	.692	2.23	1.301	1.692

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para las actitudes hacia la ciencia en función del género antes de la intervención.

Ítem	U	p
1. Al terminar mis estudios me gustaría ser científico (a).	75.000	.604
2. Me gustaría trabajar en un laboratorio de ciencias.	45.000	.030*
3. Espero con ansias las clases de ciencia.	73.000	.541
4. Los contenidos de ciencia no son interesantes.	79.000	.770
5. Me gustaría hacer experimentos científicos en casa.	65.500	.288
6. Disfrutaría más la escuela si no tuviese clase de ciencia.	78.500	.746
7. Trabajar en un laboratorio de ciencia es una forma interesante de ganarse la vida.	82.000	.893
8. Las clases de ciencia son una pérdida de tiempo.	60.500	.193
9. Cuando termine mis estudios, me gustaría trabajar con personas que hacen descubrimientos científicos.	78.000	.724
10. No me gustan las clases de ciencia.	69.500	.416

Fuente: Elaboración propia.

Cambiar estas prácticas es una finalidad de la educación científica actual, aún más considerando el caso de las niñas a quienes en el futuro se les limita la predilección por carreras científicas y tecnológicas (Toma y Lederman, 2020). Lo anterior demuestra la importancia de fomentar actitudes favorables hacia las ciencias en la escuela, ya que estos factores afectivos no solo determinarán el éxito académico de las niñas, sino que también determinarán su motivación, interés y sentimientos hacia las áreas de las ciencias.

Si bien, pareciera que la mediación pedagógica que reciben las niñas no les estimula lo suficiente, sí les gustaría realizar experimentos científicos en casa (ítem 5), les gustaría llegar a ser científicas (ítem 1), trabajar con personas que hacen descubrimientos (ítem 9) e incluso consideran que trabajar en un laboratorio es una forma interesante de ganarse la vida (ítem 7), tales diferencias son menores en los niños.

Estos últimos resultados difieren notablemente de los reportados en el estudio de Reinking y Martin (2018) donde se destaca que las mujeres muestran actitudes más desfavorables hacia la ciencia escolar, lo cual les afecta en la elección de carrera profesional en el futuro, apuntando hacia otras carreras de las Ciencias Sociales, esto como resultado de estereotipos que inciden negativamente en las niñas. Por tanto, los hallazgos de la presente investigación invitan a crear oportunidades educativas que fomenten una mayor participación femenina en actividades científicas, evitando así la brecha de género que se ensancha entre los 8 y 10 años de edad (Arabit y otros, 2021).

Conforme a lo anterior, Dapía y otros (2019) destacan que desde las aulas se debe propiciar un ambiente acogedor que permita a niños y niñas desarrollarse de manera plena y con las mismas posibilidades en diversas áreas. Lo anterior es importante, pues la persona docente se transforma en un agente esencial, debido a que con su práctica puede construir ambientes de aprendizaje inclusivos y desarrollar en el estudiantado actitudes positivas hacia la ciencia escolar, y que a la vez se alejen de los entornos tradicionales que han caracterizado la formación en ciencias naturales.

Ahora bien, se registran ligeras diferencias, mas no significativas, en las actitudes en virtud del género de los escolares después de la intervención (tablas 8 y 9). Los resultados muestran que las actividades implementadas facilitaron un mayor disfrute y expectativa para dedicarse a la actividad científica en el conjunto masculino. Así las cosas, se aprecia que a los varones les gustaría realizar experimentos científicos en casa (ítem 5), sostienen que trabajar en un laboratorio



de ciencia es una forma interesante de ganarse la vida (ítem 7). En este sentido, les gustaría ser científicos y trabajar en un laboratorio junto con otras personas que realizan descubrimientos (ítems 1, 2 y 9).

Tabla 8. Actitudes hacia la ciencia en función del género después de la intervención STEAM.

Ítem	Género					
	Hombres			Mujeres		
	M	D.T.	S ²	M	D.T.	S ²
1. Al terminar mis estudios me gustaría ser científico (a)	2.75	.622	.386	2.67	.985	.970
2. Me gustaría trabajar en un laboratorio de ciencias.	3.08	.900	.811	3.00	.953	.909
3. Espero con ansias las clases de ciencia	3.42	1.084	1.174	3.33	.985	.970
4. Los contenidos de ciencia no son interesantes	2.17	1.115	1.242	2.17	1.337	1.788
5. Me gustaría hacer experimentos científicos en casa	4.00	1.537	2.364	2.83	1.267	1.606
6. Disfrutaría más la escuela si no tuviese clase de ciencia	2.67	.985	.970	2.75	1.215	1.477
7. Trabajar en un laboratorio de ciencia es una forma interesante de ganarse la vida.	3.58	.996	.992	3.25	1.215	1.477
8. Las clases de ciencia son una pérdida de tiempo.	2.17	1.115	1.242	2.08	1.165	1.356
9. Cuando termine mis estudios, me gustaría trabajar con personas que hacen descubrimientos científicos.	3.17	1.337	1.788	3.08	1.240	1.538
10. No me gustan las clases de ciencia	2.58	.900	.811	2.33	1.231	1.515

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, de manera similar al momento preliminar, entre las niñas hay mayor acuerdo en que disfrutarían más la escuela si no hubiese clases de ciencias. Al comparar el antes y el después de la intervención, se aprecian aumentos sutiles en el deseo por parte de las niñas por trabajar en un laboratorio, aunque, una vez más en prescindir de las clases científicas. Después de la intervención, en el colectivo femenino, se registró una disminución en el gusto por llegar a ser científicas, en realizar experimentos en casa y la merma en la percepción respecto a considerar el trabajo en un laboratorio como una alternativa para ganarse la vida. Cabe señalar que las niñas sí mantienen el interés por trabajar con personas que hacen descubrimientos científicos.

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

Tabla 9. Prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para las actitudes hacia la ciencia en función del género después de la intervención.

Ítem	U	p
1. Al terminar mis estudios me gustaría ser científico (a).	70.000	.890
2. Me gustaría trabajar en un laboratorio de ciencias.	72.000	1.000
3. Espero con ansias las clases de ciencia.	69.500	.876
4. Los contenidos de ciencia no son interesantes.	69.500	.879
5. Me gustaría hacer experimentos científicos en casa.	59.500	.441
6. Disfrutaría más la escuela si no tuviese clase de ciencia.	68.000	.808
7. Trabajar en un laboratorio de ciencia es una forma interesante de ganarse la vida.	60.500	.491
8. Las clases de ciencia son una pérdida de tiempo.	69.000	.855
9. Cuando termine mis estudios, me gustaría trabajar con personas que hacen descubrimientos científicos.	67.500	.789
10. No me gustan las clases de ciencia.	59.500	.435

Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, resulta necesario atender la mediación pedagógica para que más niñas se sientan atraídas por las ciencias. Toma y Meneses (2019) destacan que las niñas pierden paulatinamente, conforme avanzan de nivel educativo, el interés hacia las ciencias, lo cual es un llamado de atención para las prácticas docentes en relación con las ciencias escolares, debido a que no se logra mantener un deseo por continuar en el futuro con el estudio de carreras STEAM.

Conclusiones

Las actitudes hacia la ciencia escolar deben potenciarse desde edades tempranas para que el estudiantado empiece a mostrar un interés real y creativo hacia las ciencias y todas las carreras afines. De este modo, no solo sería una fórmula secreta para involucrar a los niños y a las niñas, sino que efectivamente, cambiar las actitudes negativas por actitudes más positivas, podría ser el elemento clave para involucrar a las niñas, que históricamente han sido las más desfavorecidas respecto a las ciencias, y así, reducir las desigualdades de género.

En términos generales, los resultados obtenidos de la presente investigación son relevantes para la didáctica de las ciencias, si se comparan con otros estudios que



indagaban sobre objetivos similares, como los realizados por Wang y Frye (2019) y Durk y otros (2020), ya que los hallazgos encontrados en la investigación difieren en diversos aspectos, especialmente cuando se trata de desigualdades de género respecto a las áreas STEAM. Esto anterior, debido a que ambos estudios confirman que existe una desigualdad con respecto al género dentro de las ciencias, y que al aplicar o introducir estrategias y herramientas innovadoras, estas actitudes y desigualdades logran disminuirse de manera significativa, conclusiones que a la luz de los resultados obtenidos en la presente investigación, no se pudieron confirmar.

En este aspecto, cabe destacar la metodología utilizada por el Centro Laboratorio Emma Gamboa donde se fomenta de manera muy positiva el estudio hacia las ciencias, la realización de proyectos e integración curricular, pues es una educación basada en aprender en libertad, considerando cada ritmo y proceso del estudiantado, este tipo de enseñanza facilita que esté muy inmerso en un ambiente científico, de ahí que posean actitudes positivas hacia la ciencia escolar desde antes de aplicar la intervención.

El primer objetivo propuesto para la investigación, consistía en analizar el cambio en las actitudes hacia la ciencia en estudiantes escolares de quinto año con la implementación de una intervención basada en la metodología STEAM. Los resultados sugieren que no hubo un cambio significativo entre el antes y el después de la intervención. Consideramos que la metodología asume un rol motivador que facilita el interés y el disfrute en las actividades científicas. Cabe señalar que antes de la intervención, el estudiantado externó que disfrutaría más de la escuela si no hubiera clases de ciencias, afortunadamente, esta percepción cambió después de la intervención, debido a que, el estudiantado indicó que no disfrutaría más de la escuela sin clases de ciencias.

Si bien es cierto, la intervención no arrojó cambios estadísticos significativos podemos afirmar que las actividades propuestas generaron curiosidad en el estudiantado, pues se abordaron contenidos vinculados con la física cuántica como la electricidad y el magnetismo a partir de actividades que rescataban episodios de la obra literaria *El Principito*.

En torno al segundo objetivo planteado, que consistía en establecer si existen diferencias estadísticas significativas en las actitudes hacia la ciencia en función del género, considerando los momentos antes y después de la intervención, como se observó en los resultados, se destaca que se registran hallazgos muy diferentes a los que se observan en otros estudios consultados como los realizados por Toma y Meneses (2019), Arabit y otros (2021), Morales y Morales (2020) y Reiking y Martin (2018). Esto debido a que, en la presente investigación, antes y después de la intervención, realmente no se evidenció un desfase respecto al género, mientras

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

que en los estudios antes mencionados, se destaca cómo el género afecta de manera negativa a las niñas y sus actitudes hacia la ciencia escolar.

Respecto a lo anterior, antes de la aplicación de la intervención educativa, se tenía como premisa que dadas las desigualdades que existen dentro del sistema educativo, con frecuencia las niñas poseen menos posibilidades de incorporarse o de crear en las aulas actitudes positivas hacia la ciencia escolar, que les permitan crecer con la misma igualdad que los niños para visualizar un futuro científico, no obstante, esto no se puede generalizar, debido a que, en esta investigación eso no se evidenció. Claro está que el contexto en el cual se desarrolló la investigación, propicia también un equilibrio en la participación tanto de hombres como de mujeres en las áreas STEAM, lo cual es muy evidente dados los resultados.

El hallazgo más significativo que se obtuvo según este objetivo, es que en la pregunta realizada en el cuestionario sobre el deseo de trabajar en un laboratorio de ciencias después de terminar sus estudios, fueron los niños quienes respondieron mayoritariamente que no les gustaría trabajar en laboratorios científicos, esto en comparación con las niñas que evidenciaron resultados favorables.

Resulta necesario destacar que, a pesar de no encontrar tanta variabilidad en los resultados, esta información posee un alto valor tanto para el presente estudio como para futuras investigaciones, debido a que es evidente que el contexto en el cual se aplicó el estudio muestra resultados favorecedores respecto a las ciencias dado que se promueve la integración curricular, coherente con el enfoque STEAM.

Entre las aristas que se pueden sugerir para futuros estudios, se considera enfocar las actitudes hacia las ciencias escolares en diferentes contextos, con participantes más variados y con mayor cantidad, de esta forma, se podría enriquecer el conocimiento profesional de las personas docentes respecto a los factores afectivos y la perspectiva de género. Por otra parte, sería interesante también, incorporar nuevas metodologías y temáticas de estudio, por ejemplo, la indagación o el aprendizaje basado en proyectos, entre otras innovaciones que pueden resultar funcionales en las aulas costarricenses y promover un aprendizaje más integrador para el estudiantado.

Otra opción para futuras investigaciones, es incentivar el enfoque de otras áreas de las ciencias, como la química, la biología, e inclusive combinar ramas menos experimentadas, como la astronomía, anatomía y muchas otras. Las posibilidades de estudios como el realizado son muy variadas, siempre y cuando se considere una mediación asertiva y realmente significativa para el estudiantado.



Finalmente, se propone que sean las personas docentes a quienes se les aplique la propuesta diseñada, esto con el fin de que, a través del modelaje didáctico puedan aplicar con sus estudiantes lo aprendido y de esta forma, tener mayor claridad de cómo sería la aplicación en un entorno escolar. Es importante que los futuros estudios que se realicen, independientemente de los objetivos que se planteen, busquen la innovación en la educación costarricense, de tal manera que se logre contribuir con el cambio educativo que el país necesita.

Referencias

- Acevedo, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16. <http://www.apaceureka.org/revista/>
- Arabit, J., Prendes, M. y Serrano, J. (2021). La enseñanza de STEM en Educación Primaria desde una perspectiva de género. *Revista Fuentes*, 23(1), 64-76. [10.12795/revista-fuentes.2021.v23.i1.12266](https://doi.org/10.12795/revista-fuentes.2021.v23.i1.12266)
- Arias, M. y Calvo, L. (2020). Análisis de Género en Carreras STEM: Caso Universidad de Costa Rica. *Memorias De Congresos UTP*, 15-24. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/2485>
- Badarudin, B. (2021). The effectiveness of stem-based learning in improving scientific thinking about grade v of elementary school. *Dinamika Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 13(1), 38-44. <https://doi.org/10.30595/Dinamika/v13i1/9320>
- Baily, C. y Finkelstein, N. (2005). Teaching quantum interpretations: Revisiting the goals and practices of introductory quantum physics courses. *Physical review special topics: Physics education research*, 11, 24-36.
- Bequette, J. y Bequette, M. (2015). A Place for Art and Design Education in the STEM Conversation. *Art Journal*, 65, 0-47.
- Bouchée, T., de Putter, L., Thurlings, M. y Pepin, B. (2021). Towards a better understanding of conceptual difficulties in introductory quantum physics courses. *Studies in Science Education*, 58(2), 183-202. DOI: <https://doi.org/10.1080/03057267.2021.1963579>
- Carrasquilla, O., Pascual, E. y San Roque, I. (2022). La brecha de género en la Educación STEM. *Revista de Educación*, 396, 151-17. <https://recyt.fecyt.es/index.php/Redu/article/view/93562/68139>

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

- Castro, Á., Jiménez, R., Iturbe, C. y Silva, M. (2020). ¿Educación STEM o en humanidades? Una reflexión en torno a la formación integral del ciudadano del siglo XXI. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 25, 197–208. <https://doi.org.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/10.5281/zenodo.4110904>
- Castro-Rodríguez, E. y Montoro-Medina, A. (2021). Educación STEM y formación del profesorado de Primaria en España. *Revista de Educación*, 393, 353-378. <https://hdl.handle.net/11162/210366>
- Cobo, C., Abril, A. y Romero, M. (2019). Propuesta didáctica en la formación de profesorado para trabajar naturaleza de la ciencia y pensamiento crítico. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 3(1), 15-28. <https://doi.org/10.17979/arec.2019.3.1.4630>
- Cuesta-Beltrán, Y. (2018). Estado del arte: tendencias en la enseñanza de la física cuántica entre 1986 y 2016. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 147-166. <https://doi.org/10.17227/ted.num44-8995>
- Dapía, M., Escudero, R. y Vidal, M. (2019) ¿Tiene género la ciencia? Conocimientos y actitudes hacia la Ciencia en niñas y niños de Educación Primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(3), 3302-3316. <https://doi.org/10.25267/RevEurekaensendivulgcienc.2019.v16.i3.3302>
- Domènech-Casal, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM. Componentes didácticos para la Competencia Científica. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 2(2), 29–42. <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4524>
- Dorlan, B., Van Hal, L., Lageweg, S., Mulder, J., Schreuder, R., Zaidi, A., David, J. y Bidarra, R. (2019). Quantum physics vs. classical physics: introducing the basics with a virtual reality game.
- Durk, J., Davies, A., Hughes, R. y Jardine-Wright, L. (2020). Impact of an active learning physics workshop on secondary school students' self-efficacy and ability. *Physical Review Physics Education Research*, 16, 020126. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020126>
- Esquer, M. y Fernández, K. (2021). La práctica docente en áreas STEM: mapeo sistemático de la literatura. *Revista Educación*, 45(1), 1-14. <https://doi.org/10.15517/revedu.v45i1.42809>
- Fernández, R. y Sáez, N. (2020). La percepción de la mujer en la educación científica en la educación primaria y secundaria. ¿Es equitativa o estereotipada? *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 2(1), 27-42. <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2020.n1.v2.1817>



- Garrido de Barrios, N, Arias-Rueda, M. y Flores, M. (2014) Tendencias educativas en el marco del aprendizaje y enseñanza de conceptos fundamentales de física cuántica. *Revista OMNIA*, 20(3), 34-64. <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091004.pdf>
- Genek, S. y Küçük, Z. (2020) Investigation of scientific creativity levels of elementary school students who enrolled in a STEM program. *Ilkogretim Online - Elementary Education Online*, 19, 1715-1728.
- Hegedus, T., Segarra, V. A., Allen, T. G., Wilson, H., Garr, C. y Budzinski, C. (2016). The Art-Science Connection. *Science Teacher*, 83(7), 25–31. https://doi-org.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/10.2505/4/tst16_083_07_25
- Herrera Sancho, O. A. (2019) *Impactando en la sociedad a través de la física educacional con la curiosidad de El Principito*. [Propuesta para ser considerada para el Premio María Eugenia Dengo Obregón a la labor destacada en la Acción Social del personal docente]. Escuela de física, Universidad de Costa Rica.
- Holmlund, T., Lesseig, K. y Slavik, D. (2018). Making sense of “STEM education” in K-12 contexts. *International Journal of STEM Education*, 5(1), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0127-2>
- Kim, H. y Chae, D. H. (2016). El desarrollo y la aplicación de un programa STEAM basado en la cultura tradicional coreana. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1925-1936. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1539a>
- Ministerio de Educación Pública. (2016). *Programa de Estudio de Ciencias*. Ministerio de Educación Pública.
- Morales, S. y Morales, O. (2020). ¿Por qué hay pocas mujeres científicas? Una revisión de literatura sobre la brecha de género en carreras STEM. *aDResearch: Revista Internacional de Investigación en Comunicación*, 22, 118-133. <https://doi.org/10.7263/adresic-022-06>
- Müller, R. y Wiesner, H. (2002). Teaching quantum mechanics on an introductory level. *American Journal of Physics*, 70, 200-209. <https://doi.org/10.1119/1.1435346>
- Nissen. J. (2019). Gender differences in self-efficacy states in high school physics. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 013102-1 - 013102-6. [10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.013102](https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.013102)
- Numanoi, S., Hashimoto, M., Hashimoto, S. Kazawa, K., Sakaguchi, R., Miyata, K., Iwakami, R., Mitome, T., Anju, S., Shinotsuka, R. y Oba, T. (2019) Synthesis of

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

Green Fluorescent Protein Chromophore Analogues for Interdisciplinary Learning for High School Students. *Journal of Chemical Education*, 96(3), 503–507. <https://doi-org.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/10.1021/acs.jchemed.8b00443>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017) *Descifrar el código: La educación de las niñas y las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemática (STEM)*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366649>

Organización de las Naciones Unidas. (2021). *Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia*. <https://www.un.org/es/observances/women-and-girls-in-science-day>

Park, W., Wu, J. y Erduran, S. (2020). The Nature of STEM Disciplines in the Science Education Standards Documents from the USA, Korea and Taiwan Focus. *Science & Education*, 29(4), 899-927. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-020-00139-1>

PEN. (2021). *Octavo Informe del Estado de la Educación*. San José: Programa Estado de la Nación.

Perales-Palacios, F. y Aguilera, D. (2020). Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM: ¿evolución, revolución o disyunción? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(1), 1-15. <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.1.5826>

Prezhdarova, V. y Pastarmadzhieva, D. (2020). Ensuring the Security of Youth in the Online World: The Potential of the Digital Art and Steam Education. *Trakia Journal of Sciences*, 18(3), 183–188. <https://doi-org.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/10.15547/tjs.2020.03.001>

Reinking, A. y Martin, B. (2018). The Gender Gap in STEM Fields: Theories, Movements, and Ideas to Engage Girls in STEM. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 7(2), 160- 166. Doi: <https://doi.org/10.7821/naer.2018.7.271>

Rossi, A. y Barajas, M. (2015). Elección de estudios CTIM y desequilibrios de género. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 33, (3), 59-76. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1481>

Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, 68(4), 20-26.

Santillán-Aguirre, J. P., Cadena-Vaca, V. y Cadena-Vaca, M. (2019). Educación Steam: entrada a la sociedad del conocimiento. *Ciencia Digital*, 3 (3.4.), 212-227. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.4.847>



- Saucerman, J. y Vásquez, K. (2014). Psychological barriers to STEM participation for women over the course of development. *Adultspan Journal*, 13(1), 46-64. [10.1002/j.2161-0029.2014.00025.x](https://doi.org/10.1002/j.2161-0029.2014.00025.x)
- Tippett, C. y Milford, T. (2017) Findings from a Pre-kindergarten Classroom: Making the Case for STEM in Early Childhood Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), S67-S86.
- Toma, R. B. (2020). Revisión sistemática de instrumentos de actitudes hacia la ciencia (2004-2016). *Enseñanza de las Ciencias*, 38(3), 143-159. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2854>
- Toma, R. B. y Greca, I. (2018). El efecto de la instrucción STEM integradora en las actitudes de los estudiantes de primaria hacia la ciencia. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1383-1395. <https://doi.org/10.29333/ejmste/83676>
- Toma, R. B. y Lederman, N. (2020) A Comprehensive Review of Instruments Measuring Attitudes Toward Science. *Research in Science Education*, 52, 567–582 <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09967-1>
- Toma, R. B. y Meneses, J. (2019). Preferencia por contenidos científicos de física o de biología en Educación Primaria: un análisis clúster. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(1).
- Toma, R. B., y Retana-Alvarado, D. A. (2021). Mejora de las concepciones de maestros en formación de la educación STEM. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(1), 15-33. <https://doi.org/10.35362/rie8714538>
- Toma, R. y García-Carmona, A. (2021). «De STEM nos gusta todo menos STEM». Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(1), 65-80. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>
- Useche, G. y Vargas, J. (2019). Una revisión desde la epistemología de las ciencias, la educación STEM y el bajo desempeño de las ciencias naturales en la educación básica y media. *Revista Temas*, 13, 109–121. <https://doi.org/10.15332/rt.v0i13.2337>
- Vázquez, A. y Manassero, M.A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(3), 274-292.
- Wang, C. y Frye, M. (2019). MiniGEMS 2018: A Mixed Methods Study Exploring the Impact of a STEAM and Programming Camp on Middle School Girls' STEM Attitudes [Sesión de Conferencia]. *Proceedings of the ASEE Annual Conference & Exposition*.

N. Mora-Hidalgo, T. Contreras-Hernández,
D. A. Retana-Alvarado, O. A. Herrera-Sancho

Wenner, J. y Simmonds, P. (2017). Two Departments, Two Models of Interdisciplinary Peer Learning. *Journal of College Science Teaching*. https://scholarworks.boisestate.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://scholar.google.es/&httpsredir=1&article=1186&context=cifs_facpubs

Zuluaga Trujillo, C. (2015). Historia y epistemología de la química en la selección y secuenciación de contenidos: la construcción del concepto de átomo. *Revista EDUCyT*, (5), <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893>

