



El efecto fotoeléctrico y el espectro electromagnético a través de técnicas espectroscópicas en el arte

B. Ixcuiname Saavedra^{ab}, César Mora^b, Mirna Villavicencio^a

^a Universidad Nacional Autónoma de México, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Av. Universidad No. 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, Ciudad de México, México

^b Centro de Investigación en Ciencias Aplicadas y Tecnología Avanzada del IPN, Calz Legaria 694, Col. Irrigación, Miguel Hidalgo, C.P. 11500 Ciudad de México, México

ARTICLE INFO

Received: 6 de julio de 2024

Accepted: 29 de octubre de 2024

Available on-line: 30 de noviembre de 2024

Keywords: Espectroscopia, Arte Educación preuniversitaria.

E-mail addresses:
brenda_saavedra@ciencias.unam.mx
ceml36@gmail.com
mirnavt@ciencias.unam.mx

ISSN 2007-9842

© 2024 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

This work proposes a didactic strategy for high school students, combining Physics concepts such as the electromagnetic spectrum and the photoelectric effect with the interdisciplinary analysis of artworks. Students investigate non-invasive spectroscopic techniques to analyze the pigment composition and historical background of the pieces. Throughout the process, they create infographics to communicate their findings, use ultraviolet lamps to reveal hidden details on banknotes, and discuss practical applications of the electromagnetic spectrum. Additionally, they examine artworks by Remedios Varo, delving into the properties of electromagnetic waves and fostering interdisciplinary reflections. These activities promote the development of research and critical thinking skills, strengthening the connection between science and art and highlighting the importance of project-based learning as an educational tool in Science teaching.

Este trabajo propone una estrategia didáctica para estudiantes de bachillerato, que combina conceptos de Física, como el espectro electromagnético y el efecto fotoeléctrico, con el análisis interdisciplinario de obras de arte. Los estudiantes investigan técnicas espectroscópicas no invasivas para analizar la composición de pigmentos y el trasfondo histórico de las piezas. A lo largo del proceso, elaboran infografías para comunicar sus hallazgos, utilizan lámparas ultravioleta para revelar detalles ocultos en billetes y discuten aplicaciones prácticas del espectro electromagnético. Así mismo, examinan obras de Remedios Varo, profundizando en las propiedades de las ondas electromagnéticas y fomentando reflexiones interdisciplinarias. Estas actividades promueven el desarrollo de habilidades de investigación y pensamiento crítico, consolidando la conexión entre la ciencia y el arte y resaltando la importancia del aprendizaje basado en proyectos como una herramienta educativa en la enseñanza de la Ciencia.

I. INTRODUCCIÓN

El avance a un ritmo sin precedentes que ha tenido el estudio de la Física y sobre todo sus aplicaciones en diversos campos, como la biología, la medicina, la economía, el arte y el desarrollo tecnológico, entre otros, han hecho evidente la importancia que tiene su enseñanza en todos los niveles educativos. Los avances en Física no solo han permitido profundizar nuestra comprensión de los fenómenos naturales, sino que también han conducido al desarrollo de una amplia gama de técnicas con aplicaciones prácticas que van mucho más allá de los límites científicos tradicionales. Por ejemplo,

un campo del conocimiento humano en el que la Física ha encontrado aplicaciones realmente interesantes es la Historia del Arte.

En las últimas décadas, las técnicas derivadas de la Física aplicada se han convertido en herramientas invaluableles al servicio de la Historia del Arte (Tomasini, s.f.). Estas técnicas, que van desde la datación por radiocarbono de artefactos arqueológicos hasta la desinfección de objetos valiosos mediante el empleo de radiación ionizante, han revolucionado la forma en que estudiamos y preservamos el patrimonio cultural. En particular, una de las aplicaciones de la Física en este campo es el análisis de obras de arte mediante métodos no invasivos. Las técnicas espectroscópicas, por ejemplo, permiten a los investigadores obtener información sobre la composición material de las obras de arte, revelando detalles sobre su origen, autenticidad y los métodos empleados para su creación.

La intersección entre la ciencia, particularmente la Física, y el Arte puede parecer poco convencional, ya que estas disciplinas suelen representarse como campos con objetivos, métodos y públicos divergentes; sin embargo, los enfoques educativos contemporáneos sugieren que cuando se integran de manera efectiva la ciencia y la educación artística pueden complementarse y enriquecerse mutuamente (Celik et al., 2011). Este enfoque interdisciplinario no solo mejora la apreciación de los estudiantes por ambos campos, sino que también fomenta una comprensión más profunda del mundo que los rodea.

La Física y la Química son actualmente disciplinas esenciales para el estudio de nuestro Patrimonio Histórico-Artístico (Durán, 2010). Estas ciencias nos permiten verificar la autenticidad de las obras de arte, determinar el origen de las materias primas y comprender las técnicas de fabricación empleadas en la creación de objetos históricos. Además, desempeñan un papel crucial en los procesos de restauración y conservación, contribuyendo a preservar nuestro patrimonio cultural para las generaciones futuras.

La relación entre la Física y el Arte presenta una oportunidad para el aprendizaje contextualizado, ya que el propósito fundamental de la educación interdisciplinaria es aprender a relacionar y entrelazar contenidos de diferentes campos al abordar problemas científicos y artísticos, lo que conduce a la producción de conocimiento integrado (Álvarez Pérez, 2001). Este enfoque enriquece la experiencia académica de los estudiantes al mismo tiempo que los dota con las habilidades necesarias para enfrentar los problemas complejos del mundo actual.

En el contexto de la enseñanza de la Física, particularmente en la educación media superior, uno de los mayores desafíos es hacer que los conceptos abstractos sean accesibles y atractivos para los estudiantes. Los métodos de enseñanza tradicionales, que a menudo se basan en la memorización mecánica y el aprendizaje pasivo, son insuficientes para fomentar una comprensión profunda de temas contemporáneos de la Física, como el efecto fotoeléctrico y el espectro electromagnético (Ruiz, 2015). Estos temas no solo son conceptualmente desafiantes, sino que también son difíciles de demostrar experimentalmente en un aula típica.

Para abordar estos desafíos, en este trabajo se propone aplicar un enfoque innovador para enseñar el efecto fotoeléctrico y el espectro electromagnético a través del estudio de técnicas de espectroscopía utilizadas en el análisis de obras de arte. Al integrar la Física con el Arte, este enfoque busca hacer que los conceptos abstractos sean tangibles y relevantes para la vida cotidiana de los estudiantes, mejorando así su comprensión y apreciación de la Física.

II. MARCO TEÓRICO

Para cultivar un interés auténtico entre los estudiantes, se propone un enfoque pedagógico que abogue por una mayor interactividad en clase. En este modelo propuesto, el instructor asume el rol de facilitador en lugar de ser el único

conferencista, fomentando así el compromiso colaborativo y estimulando el diálogo entre compañeros. Esta metodología está diseñada para promover un aprendizaje significativo basado en la comprensión experiencial. Permite a los estudiantes discernir las correlaciones explícitas entre la Física, el Arte y sus vidas personales.

Usualmente, en la educación tradicional los estudiantes son agentes pasivos en el proceso de aprendizaje y memorizan información que fácilmente se olvida debido a su falta de aplicación práctica fuera del entorno educativo (Delgado et al., 2022) por lo que es claro que debemos aplicar nuevas estrategias didácticas en las que se fomente el aprendizaje significativo.

Hasta ahora, las estrategias de enseñanza implementadas en los cursos convencionales de Física han mostrado un éxito limitado en mejorar la comprensión y el entusiasmo de los estudiantes por la materia, por lo que es claro que la principal responsabilidad de los docentes dedicados a la enseñanza de Física radica en el desarrollo de estrategias didácticas más efectivas adaptadas al contexto específico del alumnado.

Cabe mencionar que es común que los resultados de aprendizaje deficientes y el rendimiento académico insatisfactorio de los estudiantes en Física se justifiquen fácilmente al considerar que las matemáticas son el lenguaje inherente de la Física, siendo que estas son una materia plagada de dificultades marcada por un alto grado de abstracción.

Por consiguiente, los docentes de Física en la educación media superior enfrentan un triple desafío: motivar a los estudiantes, cultivar habilidades diversas entre ellos y fomentar un compromiso más profundo con el estudio de la Física. Para alcanzar estos objetivos, los educadores deben investigar, concebir metodologías innovadoras e implementar enfoques pedagógicos que faciliten experiencias de aprendizaje significativas y sustanciales.

Es pertinente enfatizar que la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades en el ámbito de la Física contribuyen a la formación de ciudadanos reflexivos y discernientes. Equipados con una comprensión básica de la ciencia, estos individuos están preparados para realizar contribuciones significativas o colaborar desde diversas perspectivas en la solución de los complejos desafíos que enfrenta la sociedad contemporánea.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, una multitud de iniciativas globales actualmente se enfocan en el desarrollo profesional de los educadores y en la mejora de la enseñanza de la Física a través de metodologías pedagógicas diversas. En este marco, la investigación educativa subraya la propuesta de que abordar los desafíos implica contextualizar el aprendizaje específico de la Física en el mundo actual, estableciendo conexiones entre los temas del curso y actividades que inicialmente pueden parecer no relacionadas con la Física, pero que están intrínsecamente vinculadas o emplean técnicas derivadas de sus principios (Renner, 1959).

En el método de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el estudiante es un agente activo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que busca aprender lo que considera necesario para resolver el problema planteado. De igual manera, el desarrollo de este método como una dinámica de clase implica el desarrollo de habilidades sociales y actitudes que les permiten interactuar de manera efectiva con los demás (Martín, 2019).

Por otra parte, en la enseñanza de la Física, la experimentación surge como un recurso pedagógico crucial para un aprendizaje mejorado. Participar en experimentos expone a los estudiantes a los fenómenos físicos en estudio, motivándolos a establecer formalismos. Tanto la experimentación cualitativa, como la cuantitativa, estimulan la curiosidad, fomentan discusiones, requieren reflexión, formulación de hipótesis y el cultivo de una mentalidad crítica. Este enfoque contribuye al desarrollo de habilidades analíticas, fomentando la capacidad de examinar e interpretar resultados con precisión. Además, la experimentación ayuda a dar forma a las percepciones de los estudiantes sobre la ciencia y la tecnología, aunque es imperativo reconocer que el impacto distintivo de esta práctica no se atribuye

exclusivamente a la experimentación, sino que se extiende a la investigación en general, donde la experimentación asume un rol fundamental pero no exclusivo.

A pesar de la importancia reconocida de incorporar actividades experimentales en la enseñanza de la Física, persiste una tendencia en muchos cursos a segregar los componentes teóricos y de laboratorio. El laboratorio, idealmente adecuado para demostraciones cuantitativas y exploración experimental, sirve como una plataforma para la clarificación de conceptos, la verificación de leyes y la aplicación práctica del conocimiento en situaciones auténticas. Lamentablemente, el entusiasmo de los docentes por integrar actividades experimentales puede disminuir al enfrentarse a desafíos como acceso limitado a materiales, espacio inadecuado o tiempo insuficiente para una implementación efectiva en clase.

Es imperativo reconocer que, cuando se emplean de manera juiciosa, las actividades experimentales funcionan como una herramienta motivacional y beneficiosa, moldeando positivamente el compromiso de los estudiantes con la ciencia. Desde esta perspectiva, la ciencia trasciende una mera recopilación de fenómenos; más bien, el conjunto observado de fenómenos constituye el punto de partida para el examen sistemático de la estructura y el comportamiento del mundo natural, encapsulando la esencia misma de la ciencia.

Tomando en cuenta todo lo anterior, en este trabajo se busca analizar el desempeño académico de los estudiantes de Física en el bachillerato antes y después de la intervención didáctica en un grupo experimental y un grupo de control, utilizando un pretesto y un postest. Posteriormente, se realiza un análisis estadístico empleando el factor de Hake (ecuación 1), que establece la ganancia en el aprendizaje de los grupos a los que se aplica una estrategia didáctica con una metodología diferente.

III. IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA

El estudio se llevó a cabo en la Logos Escuela de Bachilleres, una preparatoria ubicada en la Ciudad de México que esta afiliada a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) desde 1978. Esta afiliación, conocida como incorporación, permite a la escuela ofrecer y preparar a sus estudiantes utilizando el mismo plan de estudios y programas de estudio que los ofrecidos por la UNAM. Logos Escuela de Bachilleres forma parte de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP), que proporciona educación preparatoria para estudiantes que planean cursar estudios superiores.

El perfil socioeconómico de los estudiantes en Logos Escuela de Bachilleres es predominantemente de nivel medio a medio-alto. Sin embargo, aproximadamente el 20-25% de los estudiantes reciben apoyo financiero para cubrir sus cuotas mensuales. Todos los estudiantes tienen acceso a recursos en tecnología, como computadoras personales, teléfonos inteligentes e internet, lo que facilita su aprendizaje tanto dentro como fuera del aula. La comunidad escolar, que incluye estudiantes, docentes y personal administrativo, también tiene acceso a una plataforma interna de comunicación que permite la transmisión de tareas, exámenes, recordatorios y otros comunicados importantes.

La intervención didáctica descrita en este trabajo se llevó a cabo durante tres semanas y consistió en 12 clases: 9 sesiones teóricas y 3 sesiones experimentales. Los temas abordados incluyeron el efecto fotoeléctrico, técnicas espectroscópicas y la evolución de la originalidad en las obras de arte a lo largo del tiempo. Debido a la heterogeneidad inherente de los grupos de estudiantes, un grupo fue designado como grupo de control, mientras que el otro sirvió como grupo experimental. La asignación de los estudiantes a estos grupos se realizó de forma aleatoria por parte del personal administrativo de la escuela, sin criterios predeterminados basados en las características de la población estudiantil.

Dentro del grupo experimental, los estudiantes se dividieron en equipos de cuatro personas, lo que les permitió trabajar de manera colaborativa durante las sesiones experimentales. El equipo utilizado en estas sesiones fue estandarizado, y se instruyó a los estudiantes para que no lo modificaran buscando garantizar la ejecución consistente y completa de las actividades propuestas. El proyecto se desarrolló en tres fases:

Aplicación del Pretest: En el primer día de la intervención didáctica, se aplicó un pretest para evaluar la comprensión inicial de los estudiantes sobre el efecto fotoeléctrico. Esta prueba diagnóstica ayudó a establecer un punto de referencia contra el cual se podría medir la efectividad de la intervención didáctica.

Implementación del Aprendizaje Basado en Proyectos: El núcleo de la intervención didáctica implicó la aplicación de la metodología ABP, con un enfoque en el efecto fotoeléctrico y las técnicas espectroscópicas. Esta fase también incorporó el análisis de obras de arte, proporcionando a los estudiantes un contexto único y atractivo para explorar los principios de la Física.

Aplicación del Postest: Una semana después de la finalización de la intervención didáctica, se aplicó un postest para evaluar la comprensión de los estudiantes sobre el efecto fotoeléctrico. Los resultados de esta prueba se compararon con los del pretest para determinar el nivel de aprendizaje de los estudiantes y evaluar la efectividad del enfoque propuesto.

Tanto el pretest como el postest consistieron en el mismo conjunto de preguntas y se administraron a través de la plataforma interna de comunicación de la escuela. Esta plataforma ofreció varias ventajas, como la presentación aleatoria de preguntas a cada estudiante y un límite de tiempo para completar la prueba, lo que ayudó a prevenir trampas y fomentó respuestas honestas. Los resultados de las pruebas se almacenaron de manera confidencial en un archivo de Excel, accesible únicamente para el docente para su análisis posterior.

Se utilizaron pruebas pretest y postest diseñadas específicamente para evaluar el conocimiento de los estudiantes sobre el efecto fotoeléctrico y las técnicas de espectroscopía. Ambas pruebas consistían en 10 preguntas de opción múltiple con cinco opciones de respuesta cada una, enfocadas en medir tanto el conocimiento conceptual como la aplicación de los principios relacionados con el tema. Las preguntas abordaban aspectos como la identificación de las características del efecto fotoeléctrico, el análisis de gráficas relacionadas con la emisión de electrones en función de la frecuencia de la luz y la resolución de problemas prácticos sobre la energía cinética de los electrones.

Durante las actividades, a los estudiantes se les proporcionaron materiales impresos y digitales que abarcaban los conceptos fundamentales del efecto fotoeléctrico y las aplicaciones de la espectroscopía, igualmente se entregó a los estudiantes instrucciones detalladas para la realización de actividades experimentales, y ejemplos de análisis de obras de arte mediante técnicas de espectroscopía, lo cual permitió contextualizar los conceptos de Física en un marco interdisciplinario. Además, durante las sesiones experimentales, los estudiantes contaron con simuladores digitales del efecto fotoeléctrico, lámparas UV y billetes de diferentes denominaciones.

Los métodos y materiales empleados presentaron diferencias significativas entre el grupo experimental y el control. En el caso del grupo experimental, los estudiantes trabajaron en equipos de cuatro personas, adoptando un enfoque colaborativo basado en la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL). Este enfoque interdisciplinario culminó en la elaboración de un informe final que los equipos presentaron de manera oral, lo cual añadió un componente práctico al proceso de aprendizaje.

Por otro lado, el grupo de control siguió un enfoque tradicional de enseñanza, centrado en clases expositivas y la resolución de problemas teóricos de manera individual. Aunque se les brindaron las mismas herramientas de

evaluación, no participaron en actividades experimentales ni en el análisis interdisciplinario. Su aprendizaje se basó exclusivamente en ejercicios relacionados con la resolución de problemas y el análisis gráfico de variables como frecuencia y energía.

IV. RESULTADOS

El enfoque del estudio en el efecto fotoeléctrico y el espectro electromagnético, a través del análisis de técnicas de espectroscopía en el arte, arrojó resultados prometedores. La intervención incluyó a dos grupos de 30 estudiantes de preparatoria, de entre 15 y 17 años, a quienes se les aplicó un pretest y un postest para medir su comprensión del material. Cada prueba consistió en 10 preguntas, con 5 opciones de respuesta por pregunta.

El enfoque propuesto logró establecer una conexión entre la Física y la vida cotidiana de los estudiantes, situando el aprendizaje en el contexto real del análisis artístico. Esta conexión no solo hizo que los conceptos abstractos de la Física fueran más tangibles, sino que también ayudó a aumentar el compromiso de los estudiantes con el material y la asignatura.

La retroalimentación de los estudiantes, recopilada a través de evaluaciones anónimas del curso, indicó una respuesta positiva a la propuesta. Los estudiantes reportaron un gusto por tener una clase más dinámica en donde no todo se resumía a fórmulas. La evaluación final del curso también mostró que los estudiantes encontraron interesante la relación que se hizo entre Física y Arte.

En términos de desempeño académico, el análisis estadístico de los resultados del pretest y el postest, utilizando el factor de Hake, indicó una mejora significativa en la comprensión del efecto fotoeléctrico en el grupo experimental. Este hallazgo sugiere que el enfoque propuesto no solo mejoró la comprensión del material por parte de los estudiantes, sino que también les ayudó a retener la información de manera más efectiva.

El éxito de este estudio subraya el potencial de los enfoques interdisciplinarios en la enseñanza de la Física. Al integrar la Física con otras disciplinas, como el Arte, los docentes pueden hacer que los conceptos científicos complejos sean más accesibles y atractivos para los estudiantes. Los resultados positivos observados en este estudio sugieren que los enfoques interdisciplinarios pueden desempeñar una alternativa para superar los desafíos asociados con la enseñanza de temas abstractos de Física a nivel preparatoria. Al proporcionar a los estudiantes un contexto significativo y relacionado, el enfoque propuesto ayudó a cerrar la brecha entre el conocimiento teórico y la aplicación práctica, conduciendo a una comprensión del tema.

El análisis estadístico reveló que el grupo experimental mostró una mejora notable en su comprensión del efecto fotoeléctrico en comparación con el grupo de control. El factor de Hake, que mide la efectividad de las intervenciones educativas, fue significativamente más alto para el grupo experimental, indicando que la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) tuvo un fuerte impacto positivo en el aprendizaje de los estudiantes. Específicamente, el grupo experimental mostró un aumento del 40% en los puntajes de las pruebas entre el pretest y el postest, en comparación con un aumento del 15% en el grupo de control. Véase Figura 1.

Además, los datos cualitativos recopilados de la retroalimentación de los estudiantes respaldaron estos hallazgos. Los estudiantes del grupo experimental reportaron un mayor sentido de logro y satisfacción con su experiencia de aprendizaje. Expresaron su aprecio por las clases prácticas y colaborativa del proyecto, señalando que les ayudó a ver la relevancia de la Física en contextos del mundo real. Algunos estudiantes mencionaron que el enfoque interdisciplinario hizo que los temas fueran más interesantes.

Otro hallazgo clave fue el aumento en la capacidad de los estudiantes para aplicar los conceptos aprendidos a situaciones nuevas. Esto se evidenció en los resultados del postest, donde los estudiantes del grupo experimental mostraron una mayor habilidad para responder preguntas que requerían transferir su conocimiento del efecto fotoeléctrico y las técnicas de espectroscopía a diferentes contextos. Esto sugiere que el enfoque propuesto no solo mejoró la comprensión del material, sino que también fortaleció las habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas de los estudiantes.

Además de los beneficios académicos, el estudio también destacó el potencial de la educación interdisciplinaria para fomentar la creatividad y la innovación en los estudiantes. Al integrar la Física con el Arte, el enfoque propuesto animó a los estudiantes a pensar de manera creativa y explorar nuevas formas de entender y aplicar conceptos científicos. Este aspecto creativo del proyecto resultó especialmente atractivo para los estudiantes, muchos de los cuales expresaron interés en continuar sus estudios o carreras en campos que combinan la ciencia y el arte.

El éxito de la implementación de esta estrategia didáctica sugiere que, al alejarse de los métodos tradicionales basados en clases expositivas y adoptar enfoques más interactivos y centrados en los estudiantes, los educadores pueden mejorar significativamente el compromiso y los resultados de aprendizaje de los estudiantes. Además, subraya el valor de la educación interdisciplinaria para preparar a los estudiantes para los desafíos del siglo XXI, en donde la capacidad de pensar críticamente y de manera creativa a través de múltiples disciplinas es cada vez más importante.

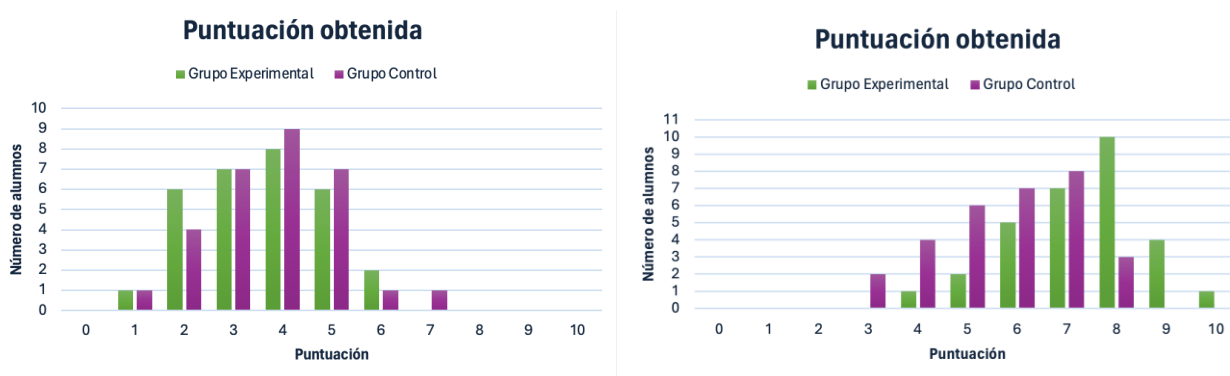


FIGURA 1. Resultado obtenido en las pruebas de pretest y postest por el grupo experimental y grupo control respectivamente.

V. CONCLUSIONES

Los hallazgos de este estudio tienen varias implicaciones importantes para el campo de la enseñanza de la Física, particularmente en el nivel medio superior. Uno de los puntos clave es la efectividad del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) como enfoque pedagógico para enseñar conceptos científicos complejos. Al colocar a los estudiantes en el centro del proceso de aprendizaje y alentarlos a asumir un papel activo en su propia educación, el ABP ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas.

El éxito del enfoque propuesto en este estudio sugiere que el ABP, cuando se combina con un enfoque interdisciplinario, puede ser particularmente efectivo para hacer que los conceptos abstractos de la Física sean más accesibles y atractivos para los estudiantes. La integración de la Física con el Arte, como se demostró en este estudio, proporciona a los estudiantes un contexto significativo y relevante para el aprendizaje.

Además, los resultados positivos observados en este estudio destacan el potencial de la educación

interdisciplinaria para abordar algunos de los desafíos asociados con los métodos tradicionales de enseñanza de la Física. Al alejarse de la memorización mecánica y el aprendizaje pasivo, y en su lugar enfocarse en proyectos prácticos y colaborativos que conectan la Física con aplicaciones del mundo real, los educadores pueden ayudar a los estudiantes a desarrollar una comprensión más integral de la materia. Este enfoque no solo mejora el desempeño académico, sino que también fomenta una actitud más positiva hacia la Física y anima a los estudiantes a valorar lo que están aprendiendo.

El estudio también subraya la importancia de hacer que la enseñanza de la Física sea relevante para la vida de los estudiantes. Al situar el aprendizaje dentro de un contexto que los estudiantes encuentran interesante y significativo, como el análisis del arte a través de técnicas espectroscópicas, los docentes pueden ayudar a los estudiantes a ver las aplicaciones de la Física y desarrollar un aprecio más profundo por la asignatura. Esta relevancia es clave para fomentar un interés y compromiso a largo plazo de la Física, particularmente entre aquellos estudiantes que inicialmente no ven la conexión entre la materia y sus propias vidas.

Además de sus implicaciones para la enseñanza de la Física, este estudio también contribuye al campo más amplio de la educación interdisciplinaria. El éxito del enfoque propuesto demuestra el valor de derribar las barreras tradicionales entre disciplinas y explorar las conexiones entre diferentes campos del conocimiento. Al hacerlo, los educadores pueden crear experiencias de aprendizaje más integradas y holísticas que preparen mejor a los estudiantes para las complejidades del mundo moderno.

Sin embargo, el estudio también destaca algunos desafíos asociados con la implementación de enfoques interdisciplinarios y basados en proyectos en el aula. Uno de los principales retos es la necesidad de recursos y apoyo adecuados, incluyendo el acceso a herramientas tecnológicas modernas y plataformas que faciliten el aprendizaje colaborativo y la gestión de proyectos. Además, los educadores necesitan estar capacitados en la metodología de ABP y en estrategias de enseñanza interdisciplinaria para implementar eficazmente estos enfoques en sus aulas.

Por último, el estudio sugiere que se necesita más investigación para explorar el impacto a largo plazo de los enfoques interdisciplinarios y basados en proyectos en el aprendizaje y compromiso de los estudiantes. Si bien los resultados de este estudio son prometedores, se requiere más investigación para determinar cómo estos enfoques pueden ampliarse y aplicarse en diferentes contextos educativos. Los estudios futuros también podrían explorar cómo los enfoques interdisciplinarios pueden utilizarse para enseñar otros conceptos científicos complejos y cómo pueden integrarse en el currículo general.

Este trabajo proporciona evidencia sobre la efectividad del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y la educación interdisciplinaria para mejorar el compromiso de los estudiantes y los resultados de aprendizaje en la Física en el nivel medio superior. Al integrar la Física y el Arte y centrarse en la aplicación real de los conceptos, se logró hacer que temas abstractos como el efecto fotoeléctrico y el espectro electromagnético fueran más fáciles de comprender y relevantes para los estudiantes.

Los resultados obtenidos en este estudio, tales como un mejor desempeño académico, el aumento del compromiso de los estudiantes hacia el aprendizaje y una actitud más positiva hacia la Física, sugieren que el empleo del ABP y los enfoques interdisciplinarios tienen un gran potencial en la transformación y actualización de la enseñanza de la Física en el bachillerato. El fomentar que el alumnado tome una actitud activa hacia el aprendizaje, así como centrar la enseñanza en los estudiantes, y en lo que es relevante en su vida diaria, puede ayudar a abordar algunos de los desafíos que presenta la enseñanza de la Física, al mismo tiempo que se prepara mejor a los estudiantes para las demandas del siglo XXI.

En este trabajo también se resalta la importancia de la innovación y la investigación continua en el campo de la enseñanza de la Física. A medida que el mundo se vuelve cada vez más complejo e interconectado, existe una creciente necesidad de enfoques educativos que fomenten el pensamiento crítico, la creatividad y la capacidad de conectar conocimientos entre múltiples disciplinas. El éxito de este estudio demuestra el valor de la educación interdisciplinaria para satisfacer estas necesidades y subraya la importancia de seguir explorando métodos de enseñanza nuevos e innovadores.

AGRADECIMIENTOS

Brenda Ixcuiname Saavedra Reyes, agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico para la obtención de grado en estudios de posgrado.

REFERENCIAS

Tomasini, C s.f. *La Física Aplicada al servicio de la Historia del Arte*. Tecnología y arte. Universidad de Palermo.

Celik, P., Onder, F., & Silay, I. (2011). The effects of problem-based learning on the students' success in physics courses. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 28, 656-660.

Durán, A. (2010). *Ciencia y tecnología al servicio del arte*. Cuadernos de divulgación científica 2. Centro de Investigaciones Científicas Isla de la Cartuja.

Álvarez Pérez, M. (2001). La interdisciplinariedad en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias en el nivel medio.

Ruiz, J. (2015). *La formación creativa del estudiante universitario desde un enfoque socio humanista a través de la enseñanza de la física*. PEARSON: México.

Delgado Cepeda F. J., et al. (2022). *Estrategias para la Educación STEAM*. México: Observatorio del Instituto para el Futuro de la Educación (IFE), Rectoría de Profesional y Posgrado del Tecnológico de Monterrey. 26p, Serie: El Futuro de la Educación.

Renner J. W. (1959). Why Do You Teach Physics? *The Science Teacher*. Vol. 26, No. 8, Season's Greetings pp. 561-563, 565.

Martín Páez, T. (2019) *What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature*. *Science Education*, 103(4), 799-822