



Emociones y adquisición de conocimiento sobre la luz y los colores mediante un aprendizaje basado en proyectos en educación primaria

Emotions and the Acquisition of Light and Colours through Project-based Learning in Primary Education

Ainhoa Arana-Cuenca, Carmen Romero-García

Departamento de Didáctica de las Matemáticas y Ciencias Experimentales. Facultad de Educación - Universidad Internacional de La Rioja
ainhoa.arana@unir.net, mariadelcarmen.romero@unir.net

Sonia Pérez Andrés, Elena Marcilla García

CEIP Filósofo Séneca

sperezandres@educa.madrid.org, elena.marcillagarcia@educa.madrid.org

RESUMEN • El objetivo de este trabajo ha sido analizar el efecto de un aprendizaje basado en proyectos, utilizando el método científico, en la enseñanza de los contenidos sobre la luz y los colores y las emociones experimentadas por el alumnado. En la experiencia participaron 32 alumnos de 5.º y 6.º de educación primaria. Se utilizó una metodología cuantitativa, con un diseño preexperimental pretest y postest. Los resultados muestran que hubo un efecto alto al aumentar los conocimientos adquiridos por los estudiantes tras la implementación de la propuesta. La actividad se ha valorado de forma muy positiva, especialmente en las dimensiones de interacción-colaboración y aprendizaje. Además, ha generado emociones positivas con un efecto alto sin modificación de las emociones negativas. Dichos resultados no se vieron influidos por el sexo o el curso al que pertenecían los estudiantes.

PALABRAS CLAVE: Aprendizaje basado en proyectos; Método científico; Luz y color; Emociones; Educación Primaria.

ABSTRACT • The aim of this work has been to analyze the effect of project-based learning, using the scientific method, on improving the learning process of light and colours and on the emotions experienced by the students. Thirty-two 5th and 6th grade primary school students participated in the experience. A quantitative methodology was used, with a pre-experimental pretest and post-test design. The results show that there was a high effect on increasing the knowledge acquired by the students after the implementation of the proposal. They rated the activity very positively, especially in the dimensions of interaction-collaboration and learning. It also generated positive emotions with a high effect without modifying negative emotions. These results were not influenced by gender or the grade to which the students belonged.

KEYWORDS: Project-based learning; Scientific method; Light and colours; Emotions; Primary education.

Recepción: junio 2022 • Aceptación: diciembre 2022 • Publicación: marzo 2023

Arana-Cuenca, A., Romero-García, C., Pérez Andrés, S. y Marcilla García, E (2023). Emociones y adquisición de conocimiento sobre la luz y los colores mediante un aprendizaje basado en proyectos en educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 41(1), 79-100.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5723>

INTRODUCCIÓN

Las ciencias de la naturaleza vinculan al individuo con el entorno que le rodea, lo que le permite acercarse a la comprensión de los fenómenos objeto de estudio que se presentan en sus contextos de aprendizaje (Caravaca, 2010). Para que la enseñanza de las ciencias sea eficaz y se pueda conseguir del alumnado una alfabetización científica que le permita explorar la naturaleza y comprender los fenómenos naturales, se deben utilizar procedimientos similares a los de los científicos, siendo una estrategia útil el método científico (Astuti et al., 2018). Dicho método constituye una estrategia eficaz para trabajar los contenidos de ciencias, lo que permite que el alumnado aprenda un método de trabajo, aunque adaptado, similar al que utilizan los científicos (García-Carmona y Acevedo-Díaz, 2018).

Sin embargo, la enseñanza de las ciencias tiene como inconveniente la gran desmotivación que genera, debido al uso de un lenguaje científico complejo y a la abundancia de conceptos abstractos (Yllana-Prieto et al., 2021). Asimismo, los estudiantes cometen errores conceptuales que vienen respaldados por concepciones alternativas (Carrascosa, 2005). En física, y más específicamente en el estudio de la luz y los colores, se han identificado preconceptos que hacen referencia a que la luz puede desaparecer o multiplicarse o sobre la disociación luz-color (Torre-Marín et al., 2013). Asimismo, se ha descrito la dificultad que tiene el alumnado de educación primaria para diferenciar el color producido por la luz y el de la mezcla de pigmentos (Martini, 2019), por lo que se han propuesto estrategias didácticas para intentar modificar dicho comportamiento (Torre-Marín et al., 2015; Pujalte et al., 2010; Walz et al., 2016; Jelinek, 2022); entre ellas, la participación activa del estudiante constituye un nexo común para la mejora de la competencia científica.

Por lo tanto, el uso de metodologías activas motiva y promueve el aprendizaje significativo de las ciencias, favorece el pensamiento reflexivo (Klisch et al., 2012) y evita la generación de concepciones alternativas. Entre las diferentes metodologías activas, el aprendizaje basado en proyectos (ABP) se presenta como idónea para la enseñanza de las ciencias, pues fomenta habilidades como el pensamiento reflexivo y crítico, el trabajo en grupo, la comunicación, la creatividad y la innovación (Pedrinaci et al., 2012), necesarias para trabajar la alfabetización científica, por lo que existe un gran paralelismo entre las fases requeridas para desarrollar un proyecto y las fases del método científico. Se caracteriza por que el alumnado adopta un papel protagonista, al tener que buscar soluciones a situaciones de aprendizaje que implican estrategias de búsqueda de información, la toma de decisiones y la aplicación de los conocimientos adquiridos en contextos reales. El docente, por su parte, adopta un papel de mediador entre el alumnado y los conocimientos que se van a aprender (Moya-Mata y Peirats, 2019). Se puede aplicar en cualquier etapa del sistema educativo, pero es muy recomendable iniciar al alumnado en esta metodología en la etapa de educación primaria, dada la gran motivación que genera y la posibilidad que ofrece de conectar los aprendizajes del aula con la vida real (Julian et al., 2017).

Diferentes estudios han constatado su efectividad en educación primaria en diferentes áreas, y lo proponen como un método didáctico integrador del aprendizaje (Anasagasti y Berciano, 2022).

Finalmente, el ABP conecta la dimensión cognitiva con la emocional, aspecto importante, pues el aprendizaje depende en gran medida de las emociones que experimentamos. Las emociones han sido objeto de análisis en el ámbito educativo con el fin de estudiar la ansiedad provocada por la evaluación y el rendimiento, así como la relación que tiene la emoción con la motivación con respecto al éxito y el fracaso académico (Pekrun, 2005). Con el creciente interés en las habilidades interpersonales y las competencias emocionales, esta tendencia está cambiando, y se otorga a las emociones un papel clave en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Li et al., 2020). Las metodologías activas y participativas potencian en el alumnado el nivel de emociones positivas, mientras que las metodologías tradicionales basadas en el modelo de transmisión-recepción favorecen emociones negativas. Este aspecto es

importante, pues los estados emocionales positivos favorecen el aprendizaje activo en el aula, mientras que los negativos lo limitan (González-Gómez, et al., 2018; Del Rosal et al., 2019).

Sin embargo, el efecto de las metodologías activas sobre las emociones positivas depende de los contenidos trabajados, pues determinados contenidos asociados al área de la física, como la luz y los colores, se han asociado a emociones negativas a pesar del uso de metodologías activas (Del Rosal y Bermejo, 2018). Por lo expuesto anteriormente, en este artículo se seleccionan los contenidos de la luz y los colores para diseñar un proyecto basado en el método científico para el alumnado de 5.º y 6.º de Educación Primaria. Se pretende evaluar su efecto sobre el aprendizaje de estos contenidos, así como analizar el cambio en las emociones experimentadas por el alumnado participante en una experiencia de ABP.

MARCO TEÓRICO

Aprendizaje basado en proyectos

El actual paradigma educativo implica la utilización de metodologías activas, como el aprendizaje basado en proyectos, que se caracteriza por que el alumnado se enfrenta a una situación compleja planteada por el docente, que implica un proceso de investigación. Kilpatrick (1918) propone el ABP como una forma de motivar al alumnado utilizando su potencial innato para formarles como ciudadanos responsables. Según García-Varcácel y Basilotta (2017), el ABP puede definirse como una modalidad de enseñanza centrada en el aprendizaje de conocimientos y habilidades. Parte de una pregunta guía o cuestión inicial, que debe generar interés y curiosidad en el alumnado, sobre el que se diseñan distintas actividades reflexivas, que tienen como objetivo principal la obtención de un producto final, que da respuesta a la cuestión inicial y mediante el cual el estudiantado genera conocimiento (Juanengsih et al., 2018). Durante el proyecto, el alumnado desarrolla estrategias de indagación, pues debe buscar fuentes o métodos para obtener respuestas, y logra resultados propios (Soria et al., 2019). Este componente de investigación hace que el proceso sea creativo y requiere un papel activo y crítico por parte del profesorado y del estudiantado (Ezagirre et al., 2020).

Las investigaciones señalan que con el ABP se consiguen mejores resultados en cuanto a la adquisición de conocimientos (Rosales et al., 2018), lo que genera un aprendizaje significativo mediante la investigación; posiblemente, debido a que el ABP permite al alumnado explorar y descubrir sus intereses, buscar información en diferentes fuentes, exponer sus ideas a los compañeros, enriquecerlas y transformarlas, generar productos y comunicar sus resultados al final del proceso (De Valle-Ramón et al., 2020). Además, se fomenta el trabajo en grupo y se desarrollan habilidades sociales (Culclasure et al., 2019). Se crea un ambiente de colaboración que da lugar a un trabajo grupal eficaz que hace posible la reflexión y potencia el pensamiento crítico, la creatividad y la autonomía del estudiante (González-Fernández y Becerra, 2021; Santyasa et al., 2020).

El ABP ha producido resultados positivos en todas las áreas del currículum, y concretamente en el área de las ciencias naturales. Afriana et al. (2016) mostraron que estudiantes indonesios de secundaria mejoraron significativamente su competencia científica con respecto al grupo de control, después de participar en un programa de proyectos. De manera similar, Acar et al. (2018) detectaron calificaciones significativamente más altas en el área de ciencias en un grupo de estudiantes turcos que utilizaron ABP. Sarican y Akgunduz (2018) sugieren también la relación entre ABP y competencia científica. Los estudios de Causil y Rodríguez (2021) sobre ABP en el área de ciencias naturales evidencian de nuevo que esta metodología contribuye a una mejora del aprendizaje y al desarrollo de habilidades científicas que, además, se trabajan utilizando el método científico.

En este sentido, Medina (2017) propone la existencia de un gran parecido entre la forma de proceder del ABP y el método científico, por lo que esta combinación podría resultar idónea para trabajar los contenidos de ciencias de la naturaleza, en general, y la luz y los colores, en particular, con una perspectiva indagatoria.

Aprendizaje basado en proyectos y método científico

La metodología científica se puede considerar una guía durante un proceso de investigación que muestra el procedimiento utilizado para plantear y dar solución a problemas científicos (Medina, 2017). Dentro de la didáctica de las ciencias naturales se pueden resumir algunas formas en las que el estudiante interviene en la indagación durante el proceso de enseñanza-aprendizaje (Caballero y Recio, 2007) y con ello plantear unas fases de la metodología científica que pueden ser aplicadas en el aula. Se comienza con un problema o cuestión de interés, que genera una observación y crea la necesidad de saber más. A continuación, se describe el problema tras una investigación bibliográfica sobre el conocimiento actual del área. Con ello, se generan hipótesis o posibles explicaciones que serán analizadas en la fase de experimentación. En esta, se planifican las observaciones, experimentos o investigaciones sencillas y se recopila la información. Luego, en la fase de análisis de resultados, se comparan las evidencias obtenidas por el alumnado y la comunidad científica para elaborar unas conclusiones que deberán aceptar o rechazar la hipótesis previamente planteada, para finalizar con una comunicación de dichos resultados. Esta propuesta de metodología científica no se debe entender como una serie de pasos cerrados y ordenados, sino que requiere retroalimentaciones continuas que impiden la unidireccionalidad. De esta manera, se evita transmitir una visión deformada y empobrecida de la actividad científica (Gil Pérez et al., 1999).

En la figura 1 se presenta el paralelismo que existe entre las fases del ABP propuestas por Kilpatrick (1918) y las fases de la metodología científica. En ambos casos se potencia un proceso de indagación que moviliza habilidades cognitivas complejas, como el pensamiento crítico, la capacidad para trabajar en equipo y las habilidades para investigar (problematizar, planificar, buscar información, organizar e interpretar la información, sintetizar y aplicar y comunicar) y autodirigir el aprendizaje (organización y responsabilidad para el trabajo académico). Dichas habilidades son necesarias para convertir a los estudiantes en aprendices con autonomía para el aprendizaje (Agástegui-Bazán, 2021).

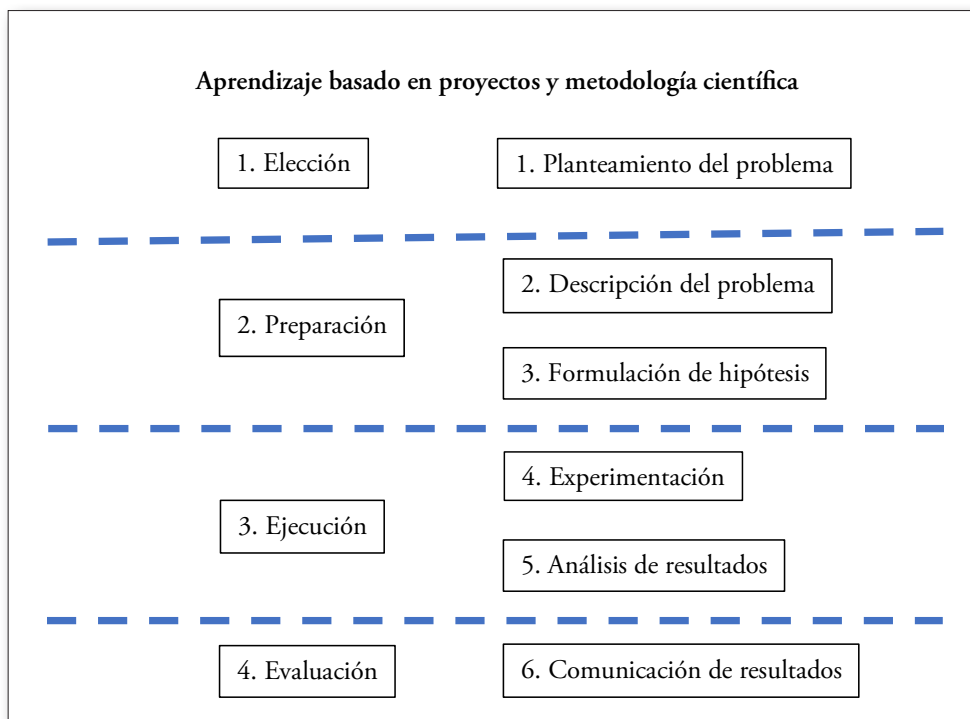


Fig. 1. Relación entre las fases del ABP y la metodología científica. *Fuente:* Elaboración propia.

Con esta metodología se crea un ambiente positivo en el aula que facilita la comunicación entre compañeros y con el profesorado (Toledo y Sánchez, 2018) y estimula el crecimiento intelectual y emocional, puesto que se potencia el intercambio de experiencias entre estudiantes que aprenden a trabajar en un contexto diverso.

Las emociones en el aprendizaje basado en proyectos

El desarrollo de emociones positivas incide directamente sobre la motivación, y viceversa, lo que depende en gran medida del tipo de metodología utilizada en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Moreno et al, 2019). De hecho, las metodologías que permiten ser sujeto activo al alumnado generan emociones más positivas que un enfoque de transmisión-recepción (Sánchez-Martín, 2018). Las emociones influyen, además, en otros factores tan importantes para el aprendizaje como la atención, la memoria, la toma de decisiones, las relaciones sociales o la creatividad (Guillen, 2017).

Según el estudio de Del Rosal et al. (2019), el alumnado de primaria relaciona las emociones positivas, como la diversión, la confianza, el entusiasmo y la tranquilidad, hacia las ciencias con metodologías centradas en el estudiante que implican el trabajo en grupo y actividades prácticas; y las negativas, como el miedo, la preocupación, el nerviosismo y el aburrimiento, con las metodologías centradas en el docente, como las explicaciones orales, la utilización del libro de texto o de la pizarra. Los estados emocionales positivos (la alegría, el orgullo, el entusiasmo, etc.) favorecen el aprendizaje y el compromiso del estudiante, mientras que los negativos (el miedo, la ira, la frustración, etc.) limitan la capacidad de aprender (Solís-Pinilla, 2021; Perkrum et al., 2014). Uno de los factores asociados a la mejora del aprendizaje durante el ABP son las emociones que experimentan los estudiantes cuando se enfrentan a las tareas para desarrollar el proyecto (Kim y Pekrum, 2014). Por ello, es muy importante que durante la implementación del ABP se tengan en cuenta las emociones de los estudiantes y que el

docente ofrezca orientación atendiendo al nivel conceptual y procedimental necesario para que los discentes se enfrenten con éxito al proyecto (Belland et al., 2013). Además de la metodología, las emociones están conectadas a la enseñanza y aprendizaje de conocimientos concretos (Garritz y Ortega-Villar, 2013). A este respecto, Del Rosal et al. (2018; 2019) indican que los estudiantes de 5.º y 6.º de Educación Primaria experimentan un mayor porcentaje de emociones positivas (diversión y alegría) para contenidos de tecnología y seres vivos y de emociones negativas, para contenidos de física y química. Si bien las emociones de los estudiantes hacia las ciencias de la naturaleza en educación primaria son positivas, estas van desapareciendo a medida que el alumnado progresa en el sistema educativo (Bravo et al., 2022), por lo que se observa un desinterés decreciente por la ciencia y, en concreto, la expresión de emociones negativas como el rechazo y el aburrimiento (Yllana-Prieto et al., 2021).

OBJETIVOS

El objetivo general es analizar una propuesta de intervención basada en el aprendizaje basado en proyectos aplicado al alumnado de 5.º y 6.º de Educación Primaria para la mejora de la comprensión de los contenidos de la luz y los colores mediante el método científico.

Para su desarrollo, se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- Implementar un ABP centrado en el método científico para el estudio de la luz y los colores.
- Evaluar el efecto del ABP implementado en el aprendizaje de los contenidos trabajados.
- Valorar la percepción del alumnado sobre las emociones experimentadas en el momento en el que se presenta el ABP y una vez finalizado este.
- Analizar la satisfacción del alumnado hacia la metodología empleada.

DESARROLLO METODOLÓGICO

Muestra

La propuesta educativa se implementó en un colegio público de un barrio de Madrid durante el curso escolar 2020-2021, con un nivel socioeconómico bajo-medio. En la experiencia participaron un total de 32 alumnos: 16 de 5.º y 16 de 6.º de Educación Primaria, en total 15 niñas y 17 niños. La experiencia se desarrolló en dos cursos multigrados. La situación de pandemia derivó en una bajada de ratios, lo que hizo que el colegio tuviera que adecuar los espacios y reunir en una misma aula a los alumnos de los dos cursos académicos.

Procedimiento

En esta investigación se utilizó una metodología cuantitativa con un diseño preexperimental. La intervención se realizó en grupos previamente formados utilizando una medida de pretest y postest para evaluar el cambio en los conocimientos y en las emociones experimentadas, sin utilizar un grupo control.

En cuanto a la intervención realizada, cabe destacar que el modelo pedagógico del centro pretende proporcionar a sus alumnos una educación integral y potenciar el desarrollo de sus capacidades en todos los aspectos de la persona. Por ello, se utilizan metodologías activas e innovadoras y, entre ellas, tienen implementado el aprendizaje cooperativo.

La propuesta didáctica denominada «¿De dónde vienen los colores?» se diseñó de acuerdo con el Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación

Primaria para trabajar contenidos establecidos en la asignatura Ciencias de la Naturaleza, específicamente en el Bloque 1 (Iniciación a la investigación) y el Bloque 4 (Materia y Energía). Todos los detalles de la secuencia didáctica, incluyendo objetivos, contenido, competencias, actividades y evaluación, se pueden encontrar en el siguiente enlace: [de_dónde_vienen_los_colores](#).

Las actividades se desarrollaron en 6 sesiones, de 45 minutos cada una, formando grupos cooperativos heterogéneos en cuanto a grado y capacidades cognitivas de 4 participantes cada uno.

En la sesión inicial, el docente presentó la pregunta guía: «¿De dónde vienen los colores?». Se explicó al alumnado que debían diseñar y realizar un experimento utilizando las fases del método científico y entregar, como producto final, un informe técnico que responda a dicha cuestión. Posteriormente, se dividió al alumnado en grupos cooperativos integrados por discentes de 5.º y 6.º de Educación Primaria y realizaron la tabla QQQ mediante la técnica de lápices al centro (un ejemplo del resultado se muestra en la figura 2). La mayoría de los grupos indicaron conocer que los colores se forman a partir de los colores primarios, quisieron saber cuántos colores existen, de dónde vienen los colores primarios y propusieron averiguarlo buscando en internet e investigando.

¿DE DÓNDE VIENEN LOS COLORES?		
¿Qué sabemos?	¿Qué queremos saber?	¿Cómo podríamos solucionarlo?
<ul style="list-style-type: none"> - El arco iris tiene 6 colores - Que la luz blanca se forma a partir de los colores primarios 	<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuántos colores hay en el mundo? - ¿Es verdad que los colores se forman a tres del sol? - ¿De dónde vienen los colores primarios? - ¿Cómo descubrieron los colores primarios? - ¿Se pueden descubrir más colores? 	<ul style="list-style-type: none"> - Buscando por Internet, en libros, revistas... - Juntando varios colores.

Fig. 2. Ejemplo de tabla QQQ realizada por los alumnos. Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes sesiones, atendiendo al método científico y una vez realizada la MiniWebQuest para ayudar al estudiante en la búsqueda de información, cada grupo diseñó su investigación. Para ello, formularon su hipótesis, diseñaron y llevaron a cabo su experimento para finalizar con la conclusión correspondiente. Los equipos plantearon diferentes hipótesis y diferentes formas de comprobarlas, y destacaron la realización del disco de Newton (figura 3A) y el uso de un vaso de vidrio, con agua y una linterna para simular el prisma que utilizó este científico en sus experimentos (figura 3B). La experiencia didáctica finalizó con la exposición de cada uno de los grupos frente a toda la clase.

Nuestro proyecto de los colores

Integrantes del equipo: Ricardo, Santiago, Gicela, Yanika, y yo XD (KAMILLO)

Pregunta

¿De donde viene las colores?

Hipótesis

• Vienen del rayo del sol que al deformarse se crean
 • No los colores.
 • No
 • Si

Materiales	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> • VASO CON AGUA • LUZ • PAPEL ALUMINIO • CARTÓN • PAPEL COLORES 	<p>La LUZ Pasa al PAPEL ALUMINIO Y LA LUZ REBOTA Y VA AL VASO Y SALIEN COLORES.</p>

Observaciones	Observaciones	Observaciones
El experimento funciona	A la primera nos valió.	Y nos costó encontrar una idea.

Conclusiones

El agua y el sal deforma el rayo y sale color.

Fig. 3A. Diseño de proyectos, atendiendo al método científico, realizados por los alumnos de 5.º y 6.º de Educación Primaria. Propuesta del uso de un vaso con agua para simular el prisma utilizado por Isaac Newton

Nuestro proyecto de los colores

Integrantes del equipo:

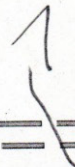
Pregunta

¿De donde vienen los colores?

Hipótesis

La luz rebota en algún objeto que hace que nuestro cerebro capte esa información.

Materiales	Procedimiento
Folio, COMPAS, regla, tijeras 1º verde 2º azul 3º violeta 4º 5º rojo 6º naranja 7º amarillo cartón pala hilo	1º círculo con compas dividir 6 partes iguales 2º cortar 3º pinta cada parte de color 4º círculo idéntico cartón (cortar) 5º pegarlo disco color 6º haz 2º agujeros centro 7º pasa hilo a cada extre- mos 8º agarralo 9º gira sobre si

Observaciones	Observaciones	Observaciones
	Hemos aprendido cosas nuevas.	No sabemos que salga <u>Blanco</u> .

Conclusiones

Ha sido difícil

Si juntamos todos los colores no sale negro, sale
blanco.

Fig. 3B. Diseño de proyectos, atendiendo al método científico, realizados por los alumnos de 5.º y 6.º de Educación Primaria. Propuesta de la realización del disco de Newton. Fuente: Elaboración propia.

Instrumentos

Con la finalidad de evaluar la adquisición de conocimiento por parte de los estudiantes, se diseñó un cuestionario compuesto por un total de 9 preguntas abiertas, 5 de ellas orientadas al método científico con conceptos como en qué consiste, sus fases o la generación de hipótesis. Las 4 preguntas restantes

versaron sobre conceptos de la luz (refracción y reflexión), la energía y el papel de los colores en la formación del arcoíris. Dicha prueba fue validada mediante la opinión de expertos, que valoraron la adecuación de cada una de las preguntas a los objetivos de aprendizaje planteados. Este cuestionario se aplicó antes y después de la propuesta de intervención. Para evaluarlo de manera objetiva, se establecieron criterios de calificación previos.

La satisfacción del alumnado se analizó utilizando el instrumento validado previamente por García-Varcácel y Basilotta (2017), que evalúa 4 dimensiones: motivación, organización, interacción-colaboración y aprendizaje, formadas por un número variable de ítems, que se valoran según una escala de Likert de 1 a 7, siendo esta última la calificación más alta. El instrumento se aplicó una vez finalizada la secuencia didáctica. La fiabilidad del instrumento se determinó mediante Alfa de Cronbach y fue de 0,98, por lo que se consideró adecuado (Nunnally, 1978).

Las emociones generadas por la implementación de la propuesta didáctica se valoraron antes y después de realizar la intervención. A partir del instrumento sugerido por Rebollo et al. (2008), se seleccionaron 10 emociones positivas y 10 negativas valoradas según una escala de Likert (1: Totalmente en desacuerdo, 2: En desacuerdo, 3: De acuerdo o 4: Totalmente de acuerdo). Tras el análisis de fiabilidad del instrumento, se obtuvo un Alfa de Cronbach de 0,826, por lo que se consideró adecuado (Nunnally, 1978).

Análisis de datos

Las pruebas estadísticas utilizadas se seleccionaron a partir de la comprobación previa del supuesto de normalidad aplicando la prueba de Shapiro-Wilk ($N < 50$, $p < 0,05$), y resultan, en todos los casos, pruebas no paramétricas. Por ello, se compararon los resultados pretest y postest de cada alumno, tanto de la evaluación de conocimiento como del análisis de emociones, mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. A partir de dicha prueba se determinó si existían diferencias entre el rango medio de dos muestras pretest y postest apareables.

Por otro lado, se utilizó la prueba de U de Mann-Whitney para analizar las diferencias en el grado de satisfacción y en las emociones generadas en función del sexo o del curso.

Cuando se observaron diferencias significativas, se evaluó el tamaño del efecto a través de la *d* de Cohen, donde los valores de *r* de 0,1 a 0,3 se consideraron efectos pequeños, hasta 0,5 medios, y por encima de dicho valor, efectos grandes (Fritz et al., 2012).

Todos los análisis se realizaron a un nivel de significación $\alpha = 0,05$. Los datos fueron organizados, codificados y analizados utilizando el paquete estadístico SPSS 25.0.

RESULTADOS

Adquisición de conocimientos

La adquisición de conocimientos se evaluó a través de un cuestionario que se aplicó antes (pretest) y después (postest) de realizar la propuesta de intervención ($N = 26$). Los resultados de ambos cuestionarios se compararon aplicando la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, cuyos resultados se muestran en la tabla 1. Con la finalidad de facilitar la interpretación y comparación entre la evaluación global y cada una de las partes –método científico y la luz–, se presenta el porcentaje de rangos promedios. De manera global, se observa que un 84,5 % de los alumnos presenta un rango positivo, lo que indica que su calificación aumentó después de la implementación del ABP, siendo una diferencia significativa ($Z = -3,769$ y $\text{Sig} = 0,000$) con un efecto alto ($r = 0,669$). Para conocer si la adquisición de conocimiento estaba relacionada con el método científico o con el contenido relacionado con la luz y los colores,

se analizaron las calificaciones obtenidas en cada área. Los resultados muestran (tabla 1) que, en relación con el método científico, el 54 % de los estudiantes aumenta significativamente su calificación ($Z = -2,940$ y $Sig = 0,003$) con un efecto medio ($r = 0,412$). Este efecto es menor si lo comparamos con los conocimientos adquiridos por los estudiantes con relación a la luz y los colores, donde el 65,5 % de los estudiantes aumentaron significativamente su calificación ($Z = -2,861$ y $Sig = 0,004$) con efecto alto ($r = 0,769$).

Tabla 1.
Rangos promedios para el pretest-postest en adquisición de conocimiento.
Prueba de rango con signo de Wilcoxon y efecto a través de la D de Cohen

		<i>N</i>	<i>Rangos promedio</i>	<i>Suma de rangos</i>	<i>Z</i>	<i>Sig</i>	<i>r</i>
Global	Rangos negativos	3	7,50	22,50	-3,769	0,000	0,669
	Rangos positivos	22	13,75	302,50			
	Empates	1					
Método científico	Rangos negativos	3	5,00	15,00	-2,940	0,003	0,412
	Rangos positivos	14	9,86	232,00			
	Empates	9					
Luz	Rangos negativos	6	7,33	44,00	-2,861	0,004	0,769
	Rangos positivos	17	13,65	232,00			
	Empates	3					

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de la satisfacción del alumnado

Al finalizar la intervención didáctica, se aplicó un cuestionario que permite analizar la valoración de los alumnos ($N = 32$) ante esta nueva metodología a través de 4 dimensiones: motivación, organización, interacción-colaboración y aprendizaje (escala 1 a 7). El análisis estadístico descriptivo de los resultados, presentados en la tabla 2, muestra un alto grado de satisfacción tanto global ($6,09 \pm 1,16$) como en cada una de las dimensiones analizadas. En la dimensión Motivación ($5,93 \pm 1,03$), los ítems mejor valorados han sido *Ha sido interesante* ($6,30 \pm 1,09$) y *Me ha encantado esta forma de trabajar* ($6,01 \pm 1,39$). En cuanto a la dimensión Organización ($6,04 \pm 0,56$), destacan los ítems *El profesor nos ha explicado claramente lo que tenemos que hacer* ($6,58 \pm 0,62$) y *El tamaño del grupo ha sido adecuado* ($6,42 \pm 0,81$), siendo el ítem menos valorado *He estado a gusto con mis compañeros* ($5,65 \pm 1,56$). Respecto a la dimensión Interacción-colaboración ($6,17 \pm 0,61$), los ítems con medias más elevadas son *Trabajando en grupo hemos conseguido hacer bien la tarea* ($6,32 \pm 1,08$) y *Hemos compartido materiales entre los compañeros* ($6,32 \pm 0,75$). Finalmente, en cuanto a la dimensión de Aprendizaje ($6,16 \pm 0,66$), se valoran a un nivel superior *Ha sido útil* ($6,5 \pm 0,90$) y *He aprendido más que otras veces* ($6,35 \pm 0,95$).

Tabla 2.
Análisis descriptivo de los resultados obtenidos de la encuesta de satisfacción

<i>Dimensiones</i>	<i>Media</i>	<i>DT</i>
Motivación	5,93	1,03
Ha sido divertido	5,71	1,07
Ha sido interesante	6,30	1,09
Quiero aprender más sobre el tema	5,65	1,56
Me ha encantado esta forma de trabajar	6,01	1,39
Organización	6,04	0,56
He aprovechado el tiempo	6,26	0,77
He leído mucho	5,23	1,26
El profesor nos ha explicado claramente lo que tenemos que hacer	6,58	0,62
El tamaño del grupo ha sido adecuado	6,42	0,81
He estado a gusto con mis compañeros	5,71	1,46
Interacción-colaboración	6,17	0,61
El profesor me ha ayudado	6,03	1,28
Hemos compartido materiales entre los compañeros	6,32	1,08
Ahora me resulta más fácil relacionarme con mis compañeros	5,94	1,41
Trabajando en grupo hemos conseguido hacer bien la tarea	6,32	0,75
El profesor nos ha indicado si hacíamos bien las tareas	6,16	1,04
El profesor nos ha dicho lo que estaba bien o mal del trabajo	6,26	0,93
Aprendizaje	6,16	0,66
He aprendido más cosas que otras veces	6,35	0,95
He comprendido la actividad	6,10	1,33
Me he concentrado	6,03	1,17
He creado y compartido información	5,90	1,22
Ha sido útil	6,5	0,90
Puntuación global	6,09	0,59

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se realizó la prueba U de Mann-Whitney para el contraste de medidas por pares y así determinar si existe alguna influencia en función del sexo o del curso. Respecto al sexo, se observaron valores de Z entre $-0,160$ y $-0,719$ y Sig entre $0,495$ y $0,892$ (datos no mostrados); mientras que respecto al curso (5.º o 6.º), se obtuvieron valores de Z entre $-1,597$ y $-0,339$ y Sig entre $0,119$ y $0,740$ (datos no mostrados), lo que indica que, en ningún caso, existen diferencias significativas.

Emociones generadas

Para finalizar, se evaluaron las emociones generadas en los alumnos ($N = 28$) una vez presentada la propuesta (pretest) y una vez terminada esta (postest). Para ello, se utilizó un instrumento de escala de Likert (de 1 a 4) que evalúa 10 emociones positivas y 10 negativas. Los resultados (tabla 3) muestran que tanto al inicio como al finalizar la actividad se generaron más emociones positivas que negativas.

Entre las emociones positivas generadas destacan la confianza, la seguridad y la alegría; mientras que las emociones negativas menos presentes fueron la rabia, la tristeza y la frustración.

Tabla 3.
Análisis descriptivo de los resultados obtenidos en la valoración de las emociones

<i>Emociones POSITIVAS</i>					<i>Emociones NEGATIVAS</i>				
	Pretest		Postest			Pretest		Postest	
	Media	DT	Media	DT		Media	DT	Media	DT
Entusiasmo	2,69	0,884	3,11	0,698	Aburrimiento	2,36	1,129	1,92	0,935
Orgullo	2,41	1,083	2,81	0,681	Frustración	1,67	0,920	1,68	0,852
Optimismo	2,77	0,908	2,96	0,871	Enfado	1,93	0,997	1,62	0,852
Alegría	3,14	0,932	3,25	0,799	Tristeza	1,75	0,967	1,36	0,569
Alivio	2,54	1,104	2,64	0,951	Inseguridad	1,74	0,813	1,80	0,816
Seguridad	2,82	0,863	3,25	0,799	Estrés	2,38	1,299	2,04	0,978
Tranquilidad	3,08	0,977	2,96	0,759	Desgana	2,15	0,989	1,92	0,997
Confianza	2,70	0,993	3,19	0,849	Desconfianza	1,77	0,992	1,63	0,711
Orientación	2,30	0,993	2,81	1,075	Rabia-ira	1,56	0,934	1,56	0,768
Atracción	2,22	1,013	2,70	1,031	Preocupación	1,96	1,126	2,04	0,841

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la prueba de rangos con signo de Wilcoxon presentados en la tabla 4 indican una mejora significativa en las emociones positivas ($Z = -2,632$ y $\text{Sig} = 0,008$), siendo el tamaño del efecto alto ($r = 0,590$). En cambio, no influyó en la valoración de las emociones negativas ($Z = -1,170$ y $\text{Sig} = 0,242$).

Tabla 4.
Rangos promedios para el pretest-postest en la valoración de las emociones generadas. Prueba de rango con signo de Wilcoxon y efecto a través de la D de Cohen

		<i>N</i>	<i>Rangos promedio</i>	<i>Suma de rangos</i>	<i>Z</i>	<i>Sig</i>	<i>r</i>
Emociones positivas	Rangos negativos	8	9,00	72,00	-2,632	0,008	0,590
	Rangos positivos	18	15,50	279,00			
	Empates	2					
Emociones negativas	Rangos negativos	15	14,77	221,50	-1,170	0,242	
	Rangos positivos	11	11,77	129,50			
	Empates	2					

Fuente: Elaboración propia.

En vista de los resultados obtenidos, se decide analizar con más detalle cada una de las emociones generadas. En cuanto a las emociones positivas (tabla 5), se observa un aumento significativo del entusiasmo con un efecto alto ($Z = -2,235$, $\text{Sig} = 0,025$ y $r = 0,571$); del mismo modo, aunque con un efecto menor, existe un aumento significativo en Seguridad ($Z = -2,035$, $\text{Sig} = 0,042$ y $r = 0,250$), Confianza ($Z = 0,037$, $\text{Sig} = 0,037$ y $r = 0,256$), Orientación ($-2,304$, $\text{Sig} = 0,021$ y $r = 0,239$) y

Atracción ($Z = 2,039$, $\text{Sig} = 0,041$ y $r = 0,228$). Por otro lado, la realización del ABP no supuso ningún cambio en las emociones negativas generadas en los alumnos ya que, en todos los casos, las diferencias entre su valoración pretest-postest no se tradujeron en diferencias significativas ($\text{Sig} > 0,05$).

Tabla 5.

Rangos promedios para el pretest-postest en la valoración de las emociones positivas. Prueba de rango con signo de Wilcoxon y efecto a través de la D de Cohen

<i>Emociones POSITIVAS</i>				<i>Emociones NEGATIVAS</i>		
	Z	Sig	r		Z	Sig
Entusiasmo	-2,235	0,025	0,571	Aburrimiento	-1,713	0,087
Orgullo	-1,932	0,053		Frustración	-0,066	0,948
Optimismo	-1,137	0,256		Enfado	-1,812	0,070
Alegría	-0,479	0,632		Tristeza	-2,066	0,039
Alivio	-0,437	0,662		Inseguridad	0,000	1,000
Seguridad	-2,035	0,042	0,250	Estrés-cansancio	-1,610	0,107
Tranquilidad	-0,536	0,592		Apatía-desgana	-1,450	0,147
Confianza	-2,083	0,037	0,256	Desconfianza	-1,294	0,196
Orientación	-2,304	0,021	0,239	Rabia-ira	0,000	1,000
Atracción	-2,039	0,041	0,228	Tensión-preocupación	-1,117	0,907

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se analizó la influencia del sexo y del curso en las emociones generadas por los alumnos, aplicando la prueba de U de Mann-Whitney. Los resultados (datos no mostrados) indicaron que no hubo diferencias significativas ni en el sexo (valores de Z entre $-0,667$ y 0 ; y Sig entre $0,327$ y 1) ni en el curso (valores de Z entre $-0,974$ y $-0,207$ y Sig entre $0,332$ y $0,836$).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados presentados en este trabajo permiten afirmar que la metodología ABP aplicada en las clases de ciencias influye positivamente en la adquisición de conocimientos, ya que los alumnos han mejorado sus nociones sobre el método científico y la luz y los colores. Nuestros resultados están en consonancia con los aportados por Causil y Rodríguez (2021), que proponen que esta metodología mejora el aprendizaje de las ciencias. La metodología propuesta se ha adaptado a los intereses y las necesidades del alumnado, como se evidencia en la mejora en el aprendizaje de conocimientos (León et al., 2018), y destaca la importancia de aprender el método científico, que se propone como una de las estrategias más útiles para la alfabetización científica, ya que guía el proceso de investigación que se realiza con la metodología de ABP (Medina, 2017). En este sentido, este trabajo supone una nueva evidencia de la necesidad de promover más propuestas basadas en la metodología de ABP en Educación Primaria (García-Valcárcel y Basilotta, 2017; Ramón et al., 2020). Asimismo, en cuanto al contenido sobre la luz y los colores, experiencias previas han probado la utilidad de realizar actividades de descomposición de la luz blanca (Walz et al., 2016) o la utilización del disco de Newton (Zacarias et al., 2019), así como la importancia de la generación de hipótesis y el trabajo con el método científico (Pujalte et al., 2010) para evidenciar las concepciones alternativas que pueden tener los alumnos respecto a aspectos relacionados con la ciencia. De esta manera, los alumnos podrán reconocer con

mayor facilidad las propiedades básicas de la luz y no confundir el efecto de la mezcla de colores de la luz con el efecto de la mezcla de pigmentos (Jelinek, 2022).

La metodología de ABP ha sido valorada de manera muy positiva por el alumnado, sobre todo, lo referente a la interacción-colaboración y el aprendizaje. El trabajo de grupo es un elemento fundamental de la metodología de ABP, pues es necesario para la consecución del producto final que debe ser elaborado entre todos los estudiantes (Toledo y Sánchez, 2018; Culclasure et al., 2019). Además, en el ambiente de colaboración que se genera se fomenta el desarrollo de habilidades como el pensamiento crítico, la creatividad y la autonomía del estudiante (González-Fernández y Becerra, 2021; Santyasa et al., 2020). De hecho, los resultados evidencian que el alumnado que trabaja en grupo realiza bien la tarea propuesta. Quizás porque, como destacan en la dimensión referida a la organización de la actividad, se han sentido a gusto con sus compañeros y han aprovechado el tiempo. En este sentido, nuestros resultados también resaltan que el trabajo en grupo es un medio idóneo para desarrollar esta metodología, lo que ha permitido que los estudiantes interaccionen con compañeros con ideas, antecedentes y experiencias diversas, lo que incide en un aprendizaje más rico y significativo (Del Valle-Ramón et al., 2020; Hunter y Botchwey, 2017). De hecho, el alumnado percibe que ha aprendido más que en otras ocasiones y que la experiencia de aprendizaje ha sido útil. La experiencia realizada también ha incidido de manera muy positiva sobre la motivación del alumnado, que manifiesta que les ha encantado esta forma de trabajar, y se considera la experiencia interesante y divertida. A este respecto, indicar que autores como Cattaneo (2017) destacan que el aumento de motivación se relaciona con el aprendizaje basado en la investigación que se utiliza en la metodología ABP y con la forma de presentar los conocimientos, contextualizados y aplicados a situaciones cercanas a la realidad del alumnado. Finalmente, hay que destacar que no se han determinado diferencias en ninguna de las dimensiones referidas a la satisfacción del alumnado participante en cuanto al sexo o al curso. En el estudio realizado por García-Varcácel y Basilotta (2017) sobre ABP para aprendizaje de ciencias en Educación Primaria con el mismo instrumento, también se determinan medias ligeramente más altas en niñas que en niños, pero estas diferencias no son significativas, lo que supone una nueva evidencia de que el programa se adapta a la diversidad del alumnado participante. A este respecto, cabe destacar que los resultados reiteran la importancia de la motivación de los estudiantes de cara a una mejora del aprendizaje, y también la necesidad de una buena planificación y organización de las tareas del proyecto, así como de su seguimiento y evaluación.

Con relación a las emociones, los resultados obtenidos evidencian que se han potenciado emociones positivas frente a las negativas, que no han variado durante la experiencia de aprendizaje. Del Rosal et al. (2018) indican que los estudiantes de 5.º y 6.º de primaria experimentan emociones positivas hacia el aprendizaje de las ciencias en general, pero comienzan a experimentar emociones negativas como el aburrimiento en la asignatura de Ciencias cuando trabajan contenidos del bloque de Materia y energía, entre los que se encuentra la luz. Por otro lado, De Orta et al. (2016) determinan que los estudiantes de 5.º de primaria experimentan fundamentalmente emociones positivas como la alegría, la seguridad, la confianza y la diversión, frente a emociones negativas como el miedo, la ansiedad, la tristeza y el aburrimiento cuando se enfrentan a actividades basadas en la investigación. Posiblemente, la presencia de emociones positivas en nuestra experiencia, como el entusiasmo, la seguridad, la confianza, la orientación y la atracción se debe al uso de la metodología de ABP, pues, como evidencia el estudio de Del Rosal et al. (2019), realizado con 327 alumnos de 5.º y 6.º curso de Educación Primaria, estos experimentan emociones positivas cuando se utilizan metodologías que requieren la participación del alumnado y el trabajo en equipo en la asignatura de Ciencias de la Naturaleza. Estos resultados son importantes si tenemos en cuenta que las emociones afectan el proceso de aprendizaje (Hanin y Van Nieuwenhoven, 2016); concretamente, las emociones positivas han sido consideradas como uno de los factores responsables de la mejora que se consigue en el aprendizaje con la metodología de ABP (Kim

y Pekrum, 2014). En el estudio de Quintero Macías y Ramírez Flores (2020), se destaca que el ABP permite que el alumnado aprenda habilidades cognitivas y emocionales, que se forma de forma integral para estar más capacitado para afrontar los retos de la sociedad actual. Asimismo, según Borrachero (2015), los estudiantes que obtuvieron mejores calificaciones en la asignatura de Ciencias también manifestaron sentir más emociones positivas. Los resultados de nuestro trabajo están alineados con los presentados por los autores mencionados anteriormente, puesto que el alumnado que ha trabajado los contenidos mediante el ABP ha mejorado su conocimiento y las emociones positivas experimentadas.

El programa implementado no ha generado diferencias en cuanto a las emociones en función del género o del curso. Estos resultados son contrarios a los presentados por Dávila et al. (2015), que indican que sí hay diferencias en las emociones con respecto al género. Concretamente, los alumnos de Educación Secundaria Obligatoria experimentan con mayor frecuencia emociones positivas como la alegría, la diversión, la felicidad, la tranquilidad y el entusiasmo, mientras que las alumnas experimentan en mayor medida emociones negativas como la preocupación, el miedo, el aburrimiento y el nerviosismo, frente al aprendizaje de contenidos de física. Del Rosal et al. (2018), por el contrario, encuentran un mayor porcentaje de emociones positivas en las niñas cuando trabajan el bloque de contenidos de los seres vivos, pero no de la luz y los colores, de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza en Educación Primaria. Por tanto, quizá es importante comenzar a trabajar contenidos de física, mediante el ABP, en educación primaria como vía para evitar estas diferencias en las emociones con respecto al género en niveles educativos posteriores y para así minimizar las emociones negativas y motivar al alumnado al estudio de las ciencias en cursos posteriores (Del Rosal y Bermejo, 2017). El interés por los estudios de ciencias desciende a lo largo de la vida escolar del alumnado, concretamente de la etapa de primaria a la de secundaria (Pérez y De Pro, 2018). Un contexto emocionalmente adverso con relación al aprendizaje científico quizás pueda ser la causa de la disminución del número de estudiantes de Ciencias en Bachillerato y Educación Superior.

Se concluye que la metodología del ABP es eficaz para la adquisición de conocimientos de ciencias y genera un clima en el aula de satisfacción que favorece el aprendizaje independientemente del género o del curso en el que se encuentran los estudiantes. Esta mejora en el aprendizaje puede estar influenciada por las emociones, preferentemente positivas, experimentadas por el alumnado que ha participado en esta experiencia de aprendizaje basada en la metodología de ABP.

Consideramos adecuado señalar como limitación del estudio realizado el tamaño de la muestra, que se puede considerar pequeña. Por ello, los resultados y las conclusiones obtenidos no permiten hacer generalizaciones, si bien consideramos que son de interés para docentes de otros centros educativos, que podrán replicar el estudio en otros contextos para consolidar las conclusiones obtenidas. Por otro lado, cabe destacar que la propuesta diseñada es muy estructurada y guiada dadas las dificultades de plantearla de una manera más abierta y cercana a una investigación científica real en la etapa educativa de Educación Primaria. Quizás este hecho esté incidiendo en que los resultados sobre el aprendizaje del método científico sean inferiores a los obtenidos en la temática de la luz y los colores.

Finalmente, cabe señalar que es importante dotar a los estudiantes de Educación Primaria de las habilidades científicas necesarias para comprender el mundo que los rodea y promover el interés científico en los niños desde edades tempranas utilizando metodologías como el ABP que fomentan habilidades necesarias en la sociedad actual y promueven emociones positivas facilitadoras de un aprendizaje más significativo.

REFERENCIAS

- Acar, D., Tertemiz, N. y Tademir, A. (2018). The effects of STEM training on the academic achievement of 4th graders in science and mathematics and their views on STEM training. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 10(4), 505-513.
<https://doi.org/10.26822/iejee.2018438141>
- Afriana, J., Permanasari, A. y Fitriani, A. (2016). Project based learning integrated to STEM to enhance elementary school's students scientific literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(2), 261-267.
<https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8561>
- Agástegui-Bazán, L. G. (2022). La metodología indagación y el aprendizaje de las Ciencias Naturales. *Polo del Conocimiento*, 6(12), 804-822. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3406>
- Anasagasti, J., Berciano, A. y Murillo, J. (2022). Estadística por proyectos en el grado de Educación Primaria: un estudio de casos. *Enseñanza de las Ciencias*, 40(1), 125-142.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3235>
- Astuti, I. A. D., Putra, I. Y. y Bhakti, Y. B. (2018). Developing Practicum Module of Particle Dynamics Based on Scientific Methods to Improve Students' Science Process Skills. *Scientiae Educatia: Jurnal Pendidikan Sains*, 7(2), 183-196.
<https://doi.org/10.24235/sc.educatia.v7i2.2513>
- Belland, B., Kim, C. y Hannafin, M. (2013). A Framework for Designing Scaffolds That Improve Motivation and Cognition. *Educational Psychologist*, 48(4), 243-270. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3827669/>
- Borrachero, B. (2015). *Las emociones en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en educación secundaria* [Tesis de doctorado]. Universidad de Extremadura. <http://hdl.handle.net/10662/3066>
- Bravo Lucas, E., Mero, M., del Barco, M. A. y Jiménez, V. (2022). Las emociones en ciencias en la formación inicial del profesorado de infantil y primaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado. Continuación de la Antigua Revista de Escuelas Normales*, 97(36.1).
<https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92426>
- Caballero, C. y Recio, P. (2007). Las tendencias de la Didáctica de las Ciencias Naturales en el Siglo XXI. *Varona*, (44), 34-41.
- Caravaca, I. (2010). Conocimiento del entorno: Acercamiento infantil al saber científico. *Revista Digital Innovación y Experiencias Educativas*, 36. https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_36/INMACULADA_CARAVACA_1.pdf
- Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que las originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 183-208.
http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2005.v2.i2.06
- Cattaneo, K. (2017). Telling Active Learning Pedagogies Apart: From Theory to Practice. *Journal of New Approaches in Educational Research (NAER Journal)*, 6(2), 144-152.
<https://doi.org/10.7821/naer.2017.7.237>
- Causil Vargas, L. A. y Rodríguez de la Barrera, A. E. (2021). Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP): experimentación en laboratorio, una metodología de enseñanza de las Ciencias Naturales. *Plumilla Educativa*, 27(1), 105-128.
<https://doi.org/10.30554/pe.1.4204.2021>

- Culclasure, B., Longest, K. y Terry, T. (2019). Project-Based Learning (Pjbl) in Three Southeastern Public Schools: Academic, Behavioral, and Social-Emotional Outcomes. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 13(2).
<https://doi.org/10.7771/1541-5015.1842>
- Dávila, M. A., Borrachero, A. B., Mellado, V. y Bermejo, M. L. (2015). Las emociones en alumnos de ESO en el aprendizaje de contenidos en física y química, según el género. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 1(1), 173-180.
- De Orta, A., Reyes, R. y De las Heras, M. A. (2016). Impact of the way of teaching: Emotions which different types of activities evoke. *Campo Abierto. Revista de Educación*, 35(1), 189-204. <https://mascvux.unex.es/revistas/index.php/campoabierto/article/view/2843>
- Del Rosal, I. y Bermejo, M. L. (2017). Autoeficacia en estudiantes universitarios: diferencias entre el grado de maestro en educación primaria y los grados en ciencias. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 1(1), 115-123. <https://www.redalyc.org/pdf/3498/349852544012.pdf>
- Del Rosal, I. y Bermejo, M. L. (2018). ¿Qué emociones experimentan los alumnos de educación primaria en la asignatura de ciencias de la naturaleza? Análisis del bloque «Materia y Energía». *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 2(1), 377-386.
- Del Rosal, I., Bermejo, M. L. y Cañada, F. (2019). Estudio de las emociones y sus causas en la enseñanza-aprendizaje de los seres vivos en educación primaria. *Bio-grafía. Escritos sobre biología y su enseñanza*, 12(22), 75-86. https://www.researchgate.net/publication/344327324_Estudio_de_las_emociones_y_sus_causas_en_la_ensenanza-aprendizaje_de_los_serres_vivos_en_educacion_primaria
- Del Rosal, I., Moreno-Manso, J. M. y Bermejo, M. L. (2018). Inteligencia emocional y rendimiento académico en futuros maestros de la Universidad de Extremadura. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 22(1), 257-275.
<https://doi.org/10.30827/profesorado.v22i1.9928>
- Del Valle-Ramón, D., Muñoz-Repiso, A. y Gómez-Pablos, V. B. (2020). Project-Based Learning Through the YouTube Platform for Teaching Mathematics in Primary Education. *Educ. Knowl. Soc*, 21(9).
<https://doi.org/10.14201/eks.20272>
- Ezagirre, A., Caño, L. y Arguiñano, A. (2020). La competencia matemática en Educación Primaria mediante el aprendizaje basado en proyectos. *Educación Matemática*, 32(3), 241-262.
<https://doi.org/10.24844/EM3203.09>
- Fritz, C. O., Morris, P. E y Richler, J. J. (2012). Effect Size Estimates: Current Use, Calculations and Interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(1), 2-18.
- García-Carmona, A. y Acevedo-Díaz, J. A. (2018). The nature of scientific practice and science education. *Science & Education*, 27(5), 435-455.
<https://doi.org/10.1007/s11191-018-9984-9>
- García-Varcácel, A. y Basilotta, V. (2017). Aprendizaje basado en proyectos (ABP): evaluación desde la perspectiva de alumnos de Educación Primaria. *Revista de Investigación Educativa*, 35(1), 113-131.
<https://doi.org/10.6018/rie.35.1.246811>
- Garritz, A. y Ortega-Villar, N. A. (2013). El aspecto afectivo en la enseñanza universitaria. Cómo cinco profesores enseñan el enlace químico en la materia condensada. En V. Mellado, L. J. Blanco, A. B. Borrachero y J. A. Cárdenas (Eds.). *Las emociones en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas* (vol. II, pp. 277-304). Badajoz: UEX-DEPROFE.

- Gil Pérez, D., Furió Más, C. J., Valdés, P., Salinas, J., Martínez Torregrosa, J., Guisalola, J., ... y González, E. M. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(2), 311-320. <https://raco.cat/index.php/Enseñanza/article/view/21581>
- González-Fernández, M. O. y Becerra Vázquez, L. (2021). Estudio de caso del aprendizaje basado en proyectos desde los actores de nivel primaria. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(22). <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.859>
- González-Gómez, D., Jeong, J. S. y Gallego Picó, A. (2018). Influencia de la metodología *flipped* en las emociones sentidas por estudiantes del Grado de Educación Primaria en clases de ciencias dependiendo del bachillerato cursado. *Educación química*, 29(1), 77-88. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63698>
- Guillén, J. C. (2017). *Neuroeducación en el aula: de la teoría a la práctica*. Reino Unido: CreateSpace.
- Hanin, V. y Van Nieuwenhoven, C. (2016). The influence of motivational and emotional factors in mathematical learning in secondary education. *Revue européenne de psychologie appliqué*, 66, 127-138. <http://dx.doi.org/10.1016/j.erap.2016.04.006>
- Hunter, P. E. y Botchwey, N. D. (2017). Partnerships in Learning: A Collaborative Project between Higher Education Students and Elementary School Students. *Innovative Higher Education*, 42(1), 77-90. <https://doi.org/10.1007/s10755-016-9363-x>
- Jelinek, J. A. (2022). Exploring the Phenomenon of the Additive Colour Process While Using a Computer Programme by 7-8-Year-Old Students. *Education Sciences*, 12(11), 740. <https://doi.org/10.3390/educsci12110740>
- Juanengsih, N., Mahmudah, L. y Ruri, R. (2018). Enhancing of Students' Learning Outcomes in the Environment Pollution Concept Through Project Based Learning (PjBL). *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 4(2), 127-134. <https://doi.org/10.30870/jppi.v4i2.3385>
- Julián, J. A., Ibor, E., Aibar, A. y Agualeles, I. (2017). Educación física, motor de proyectos. *Tándem: Didáctica de la Educación Física*, 56, 7-15. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5971357>
- Kilpatrick, W. H. (1918). The project method. *Teachers College Record*, 19, 319-335.
- Kim, C. y Pekrun, R. (2014). Emotions and motivation in learning and performance. En J. Michael Spector, M. D. Merrill, J. Elen, y M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 65-75). Nueva York, NY: Springer.
- Klisch, Y., Miller, L. M., Wang, S. y Epstein, J. (2012). The impact of a science education game on students' learning and perception of inhalants as body pollutants. *Journal of Science Education and Technology*, 21(2), 295-303. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9319-y>
- Li, L., Gow, A. D. I. y Zhou, J. (2020). The role of positive emotions in education: a neuroscience perspective. *Mind, Brain, and Education*, 14(3), 220-234. <https://doi.org/10.1111/mbe.12244>
- León, O., Martínez, L. F. y Santos, M. L. (2018). Análisis de la investigación sobre Aprendizaje basado en Proyectos en Educación Física. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 21(2), 27-42. <https://doi.org/10.6018/reifop.21.2.323241>

- Martini, B., Tombolato, M. y D'Ugo, R. (2019). Primary Colors as a Source of Possible Misconceptions: An Insight into Teaching and Learning about Color. *Colour Cult. Sci. J.*, 11, 25-33.
<https://doi.org/10.23738/CCSJ.110203>
- Medina, V. (2017). Combinando el método científico y el trabajo por proyectos para alcanzar la alfabetización científica en educación infantil. *Tabanque. Revista Pedagógica*, 30, 53-74.
<https://doi.org/10.24197/trp.30.2017.53-74>
- Moreno Fuentes, E., Perales Molada, R. y Hidalgo Navarrete, J. (2019). Estudio cualitativo sobre el uso de la gamificación en la Educación Superior para promover la motivación del alumnado. *Aula de Encuentro*, 21(2), 5-26.
- Moya-Mata, I. y Peirats, J. (2019). Aprendizaje basado en Proyectos en Educación Física en Primaria, un estudio de revisión. *REIDOCREA*, 8(2), 115-130.
<https://doi.org/10.30827/Digibug.58496>
- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric Theory*, 2.^a ed. Nueva York: McGraw-Hill.
- Pedrinaci, E., Caamaño, A., Cañal, P. y de Pro, A. (2012). *11 ideas clave: El desarrollo de la competencia científica*. Grao.
- Pekrun, R. (2005). Progress and open problems in educational emotion research. *Learning and Instruction*, 15, 497-506.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2005.07.014>
- Pekrun, R., Hall, N., Goetz, T. y Perry, R. (2014). Boredom and academic achievement: Testing a model of reciprocal causation. *Journal of Educational Psychology*, 106(3), 696-710.
<https://doi.org/10.1037/a0036006>
- Pérez, A. y De Pro Bueno, A. (2018). Algunos datos sobre la visión de los niños y de las niñas sobre las ciencias y del trabajo científico. *Revista de género e igualdad*, 1, 18-31.
<https://doi.org/10.6018/iQual.306091>
- Pujalte, A., Santamaria, P., Adúriz-Bravo, A. y Meinardi, E. (2010). Una unidad didáctica centrada en la comprensión de la percepción de la luz y la visión. *Bio-grafía*, 3(5), 192-206.
- Quintero Macías, C. A. y Ramírez Flores, A. G. R. (2020). Emociones, habilidades cognitivas y disciplinas a través del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). *Emociones y aprendizaje*, 113-124.
- Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2014/BOE-A-2014-2222-consolidado.pdf>
- Rebollo Catalán, M. Á., García Pérez, R., Barragán Sánchez, R., Buzón García, O. y Vega Caro, L. (2008). Las emociones en el aprendizaje online. *RELIEVE-Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 14(1).
- Rosales, B., Flores, E. y Escudero, D. I. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos: Explorando la caracterización personal del profesor de matemáticas. *Zetetiké, Campinas*, 26(3), 506-525.
<https://doi.org/10.20396/zet.v26i3.8650908>
- Sanchez-Martín, J., Cañada-Cañada, F. y Dávila-Acedo, M. A. (2018). Emotional responses to innovative Science teaching methods: Acquiring emotional data in a General Science teacher education class. *Journal of Technology and Science Education*, 8(4), 346-359.
<http://dx.doi.org/10.3926/jotse.408>
- Santayasa, I., Rapi, N. y Sara, I. (2020). Project Based Learning and Academic Procrastination of Students in Learning Physics. *International Journal of Instruction*, 13(1), 489-508.
<https://doi.org/10.29333/iji.2020.13132a>
- Sarican, G. y Akgunduz, D. (2018). The impact of integrated STEM education on academic achievement, reflective thinking skills towards problem solving and permanence in learning in science education. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 13(1), 94-107.

- Solís-Pinilla, J. (2021). Aprendizaje basado en proyectos: una propuesta didáctica para el desarrollo socioemocional. *Revista Saberes Educativos*, 6, 76-94. <http://education.esp.macam.ac.il/article/2298>
- Soria, I., Gómez, C., Monsalve, B. y Fontanillo, A. (2019). Aprendizaje cooperativo basado en proyectos y entornos virtuales para la formación de futuros maestros. *Educar*, 55(2), 519-541. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.935>
- Toledo Morales, P. y Sánchez García, J.M. (2018). Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia universitaria. *Profesorado: Revista de curriculum y formación del profesorado*, 22(2), 429-449.
- Torre-Marin, V. G., Martí, J. y Amat, A. (2013). Una experiencia acerca de la enseñanza de la óptica para el profesorado de primaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 1651-1656. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307415>
- Walz, M. V., Albarenque, R. L. y Triano, J. M. (2016). Experiencias de física en las aulas escolares: Resultados producidos. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, (52), 381-401.
- Yllana-Prieto, F., Jeong, J. y González-Gómez D. (2021). Analysis of Pre-Service Teachers' emotions during a STEM online Escape Room. *Proceedings of SOCIOINT 2021 8th International Conference on Education and Education of Social Sciences 14-15 June*, pp. 334-341. ISBN: 978-605-06286-2-3 <https://doi.org/10.46529/socioint.202155>
- Zacarias, R., Ferreira, M. E., Rodrigues, F. L. A. y de Carvalho Júnio, G. D. (2020). Enseñanza-aprendizaje del concepto del color con alumnos de la escuela primaria. *Revista de Educación de Puerto Rico (REduca)*, 3(1), 1-22.

Emotions and the Acquisition of Light and Colours through Project-based Learning in Primary Education

Ainhoa Arana-Cuenca, Carmen Romero-García

Departamento de Didáctica de las Matemáticas y Ciencias Experimentales. Facultad de Educación - Universidad Internacional de la Rioja

ainhoa.arana@unir.net, mariadelcarmen.romero@unir.net

Sonia Pérez Andrés, Elena Marcilla García

CEIP Filósofo Séneca

sperezandres@educa.madrid.org, elena.marcillagarcia@educa.madrid.org

The teaching of science requires the application of procedures similar to those used by scientists in order to achieve an adequate scientific literacy that allows students to understand natural phenomena. A very useful strategy is the scientific method, as it allows students to learn science through a method, albeit adapted, like that of scientists. Primary school pupils have difficulties when facing science learning due to the use of complex and abstract scientific language, with erroneous preconceptions of certain concepts, as detected for the topic of light and colors. One way of tackling these difficulties is through methodologies that involve active student participation, one of these methodologies being project-based learning (PBL), which can solve these problems and fosters the necessary skills to work on scientific literacy, such as reflective and critical thinking, teamwork, communication, creativity and innovation, there being a great parallelism between the phases required to develop a project and those of the scientific method. Moreover, PBL connects the cognitive dimension with the emotional dimension, an important aspect since learning depends on the emotions we experience. PBL has been attributed an effect on positive emotions. However, this effect depends on the contents learned, and certain topics in physics, such as light and colors, have been related to the development of negative emotions. Based on the above, the aim of this study was to analyze the effect of PBL, using the scientific method and teaching light and colors, on the emotions experienced by the students and on their satisfaction with the methodology used. Thirty-two 5th and 6th year primary school students took part in the experiment. A quantitative methodology was used, with a pre-experimental pretest and post-test design. The proposal was developed in 6 sessions of 45 minutes each, through cooperative groups of 4 participants, heterogeneous in terms of cognitive abilities. In order to evaluate the acquisition of knowledge by students, a questionnaire composed of a total of 9 open questions was designed and applied before and after the proposal. Satisfaction was analyzed using a previously validated instrument that assesses four dimensions: motivation, organization, interaction-collaboration, and learning. To assess the possible change in emotions, 10 positive and 10 negative emotions were selected and assessed using a validated instrument. This was applied at the beginning and at the end of the intervention. The results show a significant increase in the knowledge acquired by the students after the implementation of the proposal, the effect being medium with regards to the contents of the scientific method and high for the contents of light and colors. The students expressed a high degree of satisfaction overall, as well as in each of the dimensions analyzed, with the dimensions of interaction-collaboration and learning being particularly valued. The analysis of emotions shows that significant changes have been generated in positive emotions, such as enthusiasm, confidence, security, orientation and attraction, and no changes have been detected in negative emotions. These results were not influenced by gender or the course the students were doing. It is concluded that the PBL methodology is effective for the acquisition of scientific knowledge and that it generates a good classroom atmosphere that favors learning regardless of the gender or grade level of the students. This improvement in learning may be influenced by the emotions, preferably positive, experienced by the students who have participated in this learning experience based on PBL methodology.