



IMPlicACIONES COGNITIVAS Y AFECTIVAS DE UNA PRÁCTICA STEM SOBRE ÓPTICA EN SECUNDARIA

Cognitive and affective implications of a STEM practice on optics in secondary education

GUADALUPE MARTÍNEZ-BORREGUERO, FRANCISCO JAVIER CÁMARA ACEDO, MILAGROS MATEOS NÚÑEZ,
FRANCISCO LUIS NARANJO CORREA
Universidad de Extremadura, España

KEYWORDS

STEM
Secondary Education
Optics
Cognitive domain
Affective domain

ABSTRACT

A number of studies highlight the relevance of analysing both affective and cognitive factors in the learning of STEM content, especially in secondary education, where negative emotions and attitudes emerge towards these areas, as well as low competence levels. This research follows a quasi-experimental design with pre-tests and post-tests comparing the influence on cognitive and affective variables of a STEM practice versus an academic-expositional methodology in secondary school. The results show statistically significant differences between groups, concluding that it is essential to select active and practical methodologies that integrate scientific-technological knowledge, fostering the development of positive emotions and the ability to learn.

PALABRAS CLAVE

STEM
Educación Secundaria
Óptica
Dominio cognitivo
Dominio afectivo

RESUMEN

Numerosos estudios resaltan la relevancia de analizar tanto factores afectivos como cognitivos en el aprendizaje de contenidos STEM especialmente en educación secundaria, donde emergen hacia estas áreas emociones y actitudes negativas, así como bajos niveles competenciales. Esta investigación sigue un diseño cuasiexperimental con pre-test y post-test comparando la influencia en variables cognitivas y afectivas de una práctica STEM frente a una metodología académico-expositiva en secundaria. Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas entre grupos, concluyéndose que es imprescindible seleccionar metodologías activas y prácticas que integren el conocimiento científico-tecnológico fomentando el desarrollo de emociones positivas y de la capacidad de aprender.

Recibido: 10/ 02 / 2022
Aceptado: 16/ 05 / 2022

1. Introducción

Desarrollar la alfabetización científico-tecnológica y matemática en el alumnado desde los primeros niveles educativos se concibe como uno de los grandes desafíos de la mayoría de las instituciones educativas (Rocard et al., 2007; Couso et al., 2011). Tal y como señalan algunos estudios, promover la alfabetización científica entre la población daría lugar a que los ciudadanos se sintieran más seguros y competentes para abordar las cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología a medida que surgen en el curso de la vida cotidiana (Laugksch, 2000). En este sentido, los informes PISA (OECD, 2016a; OECD, 2016b; OECD, 2019) estudian las competencias del alumnado relacionadas con todas las disciplinas académicas. Por ejemplo, habilidades científico-tecnológicas como la capacidad de reconocer preguntas o temas susceptibles de ser investigados científicamente, identificar términos clave para la búsqueda de información científica, así como proponer respuestas y explicaciones a los problemas científicos-tecnológicos (OECD, 2007; Garritz, 2010). Sin embargo, los resultados de los diferentes informes ponen de manifiesto que hay que replantear las políticas y, sobre todo, las prácticas educativas por los negativos resultados obtenidos en los últimos años en ciencias y matemáticas (OECD, 2016a; OECD, 2016b; OECD, 2019; García-Perales y Jiménez-Fernández, 2018).

Respecto a la búsqueda de las causas que pueden provocar esta decadencia académica, diversas investigaciones ponen de manifiesto que el dominio afectivo juega un papel importante en el aprendizaje de las ciencias (Mellado et al., 2014; Osborne et al., 2003). En los últimos años se ha comenzado a tomar conciencia de la importancia que tienen las emociones para el profesorado y el alumnado en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los diferentes niveles educativos (Borrachero et al., 2016). Concretamente, diversas investigaciones han puesto de manifiesto que los estados emocionales positivos favorecen el aprendizaje de las ciencias y el compromiso de los estudiantes como aprendices activos, mientras que los negativos limitan la capacidad de aprender (Mellado et al., 2014; Vázquez y Manassero, 2008). En esta línea, son numerosas las investigaciones que señalan que existe un declive emocional a lo largo de la escolarización (Murphy y Beggs, 2003; Vázquez, y Manassero, 2011; Mateos-Núñez et al., 2019a). Generalmente, los estudiantes de primaria suelen tener emociones y actitudes positivas hacia las matemáticas y las ciencias (Mateos-Núñez et al., 2019a; Martínez-Borreguero et al., 2019a; Martínez-Borreguero et al., 2019b), pero estas actitudes disminuyen con la edad, especialmente durante la educación secundaria (Vázquez y Manassero, 2008; Mateos-Núñez et al., 2019a; Marbá y Márquez, 2010; Beauchamp y Parkinson, 2008) y sobre todo hacia la materia de Física y Química (Dávila et al., 2016).

Otra de las causas que limitan el rendimiento académico es la existencia de preconcepciones en el alumnado (Tünnermann Bernheim, 2011; Osborne y Freyberg, 1985). Generalmente, los estudiantes tienden a formar sus propios puntos de vista a medida que aprenden sobre el mundo que les rodea formalmente a través de la educación escolar o informalmente a través de sus experiencias cotidianas (Gurel et al., 2015). Sin embargo, estas experiencias a veces generan preconcepciones, ideas y comportamientos intuitivos que interfieren negativamente en la adquisición de los conocimientos científicos (Fernández et al., 2002). En muchas ocasiones, los estudiantes recurren a modelos y representaciones que no se corresponden con los modelos científicos y, por tanto, dichos modelos y representaciones, no tienen el mismo nivel de coherencia, ni el mismo grado de sistematicidad que las teorías científicas, sino que son el resultado de una construcción personal del individuo, basándose en la necesidad de interpretar y explicar sus propias observaciones (Viennot, 1974).

El aprendizaje de la física es un tema del que se perciben numerosas preconcepciones erróneas debido al gran rechazo que suele causar esta materia en el alumnado. Diversos autores indican que las limitaciones en la comprensión de conceptos básicos de física son similares en todos los alumnos, aunque pertenezcan a diferentes niveles educativos (Benegas y Villegas, 2013). Para el caso específico de la enseñanza de la óptica en el nivel medio de enseñanza, el proceso comienza con las nociones básicas sobre la luz y el proceso de la visión, acompañado de algunas anécdotas históricas en las que se menciona la evolución de estas ideas básicas. Asimismo, se suelen proponer actividades orientadas al aprendizaje de figuras que muestran un rayo de luz en varias situaciones típicas que corresponden a los fenómenos estudiados como la marcha rectilínea, sombras, reflexión, imágenes en espejos planos, refracción, y si se llega, casos de formación de imágenes en lentes y espejos curvos (Iparraguirre, 2007). Generalmente, las experiencias educativas propuestas para enseñar estos contenidos suelen ser adecuadas y se pueden realizar con materiales sencillos, pero la realidad es que los resultados de diversas investigaciones determinan que el aprendizaje de estos conceptos es muy pobre

(Iparraguirre, 2007). Así, por ejemplo, algunas investigaciones comparan los escasos conocimientos sobre los conceptos de óptica del alumnado de primaria frente al colectivo de maestros en formación (Martínez-Borreguero et al., 2019). Otros estudios (Perales y Nievas, 1991) muestran la existencia de ideas erróneas, tanto en el alumnado de secundaria como en el futuro maestro, en contenidos sobre óptica geométrica como la refracción de la luz, el prisma óptico, o la necesidad de que los rayos de nuestros ojos han de llegar a los objetos para poder ser vistos. En cuanto a la formación de imágenes, los estudiantes también presentan ideas alternativas. Según la intervención llevada a cabo por De Danón (1999), la mayoría de los estudiantes, consideran que al iluminar un determinado objeto con una fuente de luz y colocar una lámina blanca detrás y observar una sombra, indican que es consecuencia de la presencia del objeto y no debido a la ausencia de luz, con lo cual, existen ideas alternativas en la propagación de luz. Por otro lado, según Pesa y de Cudmani (1998), los estudiantes también presentan ideas alternativas en cuanto a la formación de imágenes tanto reales como virtuales, a través de espejos y lentes. Otros trabajos (Feher y Meyer, 1992), estudian las ideas de los niños sobre objetos de colores y sombras de colores. Valanides y Angeli (2008) realizaron una investigación colaborativa distribuida con respecto a los conceptos científicos de luz, visión y color con niños de primaria. Por otro lado, Haagen-Schützenhöfer (2017) centra su estudio en la luz blanca, un elemento crucial para poder comprender los procesos subyacentes a la formación del color. Asimismo, Martínez-Borreguero, Pérez-Rodríguez, Suero-López y Pardo-Fernández (2013) realizan un estudio con 470 estudiantes universitarios, y utilizan los mapas conceptuales para combatir las preconcepciones encontradas.

La influencia de las metodologías activas en el aprendizaje es tal que, introduciendo cambios en la forma de enseñanza de alumnado, se observan actitudes más positivas hacia la ciencia (Martínez-Borreguero et al., 2019b; Marcos-Merino et al., 2019). Asimismo, la relación de la ciencia con la vida cotidiana es un factor que influye directamente en la actitud que el alumnado tiene hacia estas materias (Jenkins, 2006). En este trabajo se ha considerado la educación STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), como estrategia didáctica para mejorar el proceso de aprendizaje de conceptos básicos de óptica en el alumnado de educación secundaria. La educación STEM se fundamenta en la enseñanza interdisciplinar de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (Bybee, 2010) y se asienta en los principios del constructivismo, según diversos autores (Bruning et al., 2004; Sanders, 2009). Así, con las metodologías basadas en el paradigma STEM, el aprendizaje es un proceso constructivo y no receptivo, la motivación y la creencia son parte integral de la cognición, la interacción social es fundamental y las experiencias propuestas son contextuales, es decir, se vinculan con situaciones de la vida real. En este sentido, las metodologías STEM adquieren gran importancia en vista del escaso número de estudiantes que adquieren las competencias pertinentes a las disciplinas científicas y, por tanto, este paradigma es abordado en diferentes estudios que pretenden revertir este fracaso generalizado (Mateos-Núñez et al., 2020; Mateos-Núñez et al., 2019b).

Teniendo en cuenta los antecedentes mencionados, por un lado, el creciente declive emocional hacia las materias científico-tecnológicas y por otro la necesidad de combatir las numerosas ideas alternativas en óptica, en esta investigación se ha realizado una intervención didáctica basada en el desarrollo de una práctica STEM con el propósito de analizar su influencia en variables cognitivas y afectivas y erradicar las preconcepciones sobre los conceptos de óptica objeto de estudio.

2. Metodología

El diseño de la investigación llevada a cabo ha sido de tipo cuasi experimental con pre-test y post-test, grupo experimental y grupo de control. Con el grupo de control se utilizó una metodología didáctica basado en un modelo académico-expositivo. Sin embargo, con el alumnado del grupo experimental se utilizó una metodología didáctica basada en la implementación de una práctica STEM, con el propósito de comparar ambos grupos y analizar la utilidad didáctica de ambas metodologías, tanto para el aprendizaje de conceptos científico-tecnológicos, como para la mejora de la intensidad de las emociones positivas hacia el aprendizaje de estas materias. Cabe resaltar que los contenidos objeto de estudio eran los mismos para ambos grupos de trabajo. Concretamente, respecto a la componente científica se centraron en contenidos básicos de óptica y se incluyeron contenidos del área de tecnología y de matemáticas para trabajar interdisciplinariamente contenidos de diversas áreas STEM durante el desarrollo de las intervenciones didácticas.

2.1. Objetivos

El objetivo general ha sido comparar la influencia en variables cognitivas y afectivas de una práctica STEM frente a una metodología académico-expositiva para el aprendizaje de conceptos de Óptica en educación secundaria. Este objetivo general se ha desglosado en varios objetivos específicos:

Objetivo específico 1 (OE1): Comprobar si las ideas alternativas sobre óptica de la muestra participante han sido combatidas con el uso de dos metodologías distintas, una enseñanza tradicional frente a una metodología STEM.

Objetivo específico 2 (OE2): Analizar las emociones de los alumnos de 3º ESO participantes hacia las asignaturas curriculares STEM (Física y Química, Tecnología y Matemáticas) antes y después de la intervención didáctica.

Objetivo específico 3 (OE3): Analizar la opinión del alumnado participante en relación con las áreas curriculares STEM respecto a las variables: preferencias metodológicas, nivel de autoeficacia, nivel de dificultad de la materia, preferencia de materias, nivel de dificultad de la metodología.

2.2. Hipótesis

Los objetivos específicos anteriores han guiado la formulación de las siguientes hipótesis estudio.

Relacionada con el OE1, se formula la Hipótesis 1 (H1): Existen diferencias estadísticamente significativas en el aprendizaje de los contenidos de óptica del alumnado que realiza una práctica STEM (Grupo Experimental) frente al alumnado que sigue una metodología académico-expositiva (Grupo Control).

Relacionada con el OE2, se formula la Hipótesis 2 (H2): El desarrollo de una práctica STEM (Grupo Experimental) genera un aumento significativo de emociones positivas frente a la metodología académico-expositiva (Grupo control).

Referidas al OE3, se han formulado las siguientes hipótesis:

Hipótesis 3.A (H3.A): Los alumnos participantes de 3º de ESO muestran mayor preferencia hacia las metodologías activas frente a aquellas de carácter tradicional.

Hipótesis 3.B (H3.B): Los alumnos participantes de 3º de ESO muestran niveles de autoeficacia más altos en el área de Tecnología frente al aprendizaje de contenidos del área de Física y Química o Matemáticas.

Hipótesis 3.C (H3.C): Existen diferencias estadísticamente significativas entre el nivel de dificultad manifestado hacia las materias STEM por el alumnado que recibe una enseñanza STEM frente al que recibe una enseñanza expositiva.

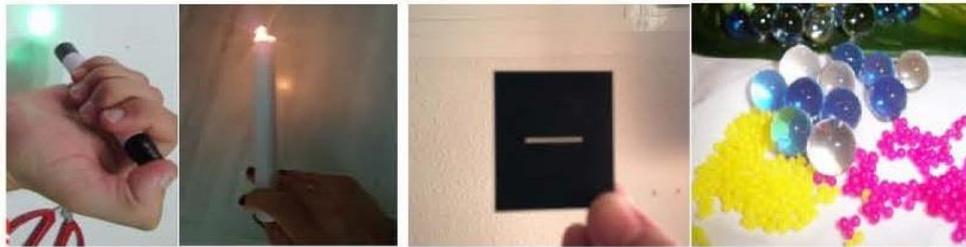
Hipótesis 3.D (H3.D): Existen diferencias estadísticamente significativas en el nivel de dificultad asociado a las metodologías didácticas implementadas, a favor de la metodología práctica STEM.

2.3. Muestras

La muestra fue seleccionada mediante muestreo no probabilístico de conveniencia debido a la facilidad de acceso al centro educativo. Concretamente, han participado 55 alumnos de 3º ESO. Esta muestra estaba dividida en dos grupos. El grupo de control (GC) lo componían 28 alumnos y el grupo experimental (GE) estaba formado por 27 alumnos. La intervención didáctica se centró en explicar a ambos grupos de estudio los mismos contenidos, pero utilizando dos metodologías de enseñanza diferentes. Con ambos grupos se llevó a cabo el mismo número de sesiones y se implementaron los mismos instrumentos de medida para medir las variables objeto de estudio en esta investigación: emociones, actitudes, autoeficacia y conocimientos. Se seleccionaron contenidos STEM del currículo de la etapa de educación secundaria obligatoria (Real Decreto 1105/2014), relacionados con conceptos básicos de Óptica, Tecnología y Matemáticas. Específicamente, con el grupo de control se utilizó una metodología más tradicional llevando a cabo una explicación de los contenidos seleccionados mediante metodología académico-expositiva. Con este grupo, se utilizó una presentación digital donde se explicaban los conceptos teóricos seleccionados, por ejemplo, referidos al área de ciencias, se trabajó qué es la luz, las propiedades de la luz, los tipos de espejos, los tipos de lentes, y la formación de colores mediante mezcla aditiva y mezcla sustractiva. Adicionalmente, se introducían conceptos de la materia de tecnología (como, por ejemplo, circuitos eléctricos, diferentes tipos de materiales o construcción de objetos tecnológicos entre otros) y de la materia de matemáticas (Por ejemplo, cálculo, medidas, figuras geométricas, área y volúmenes, entre otros). Sin embargo, con el grupo experimental (GE) se utilizó una metodología basada en prácticas STEM. Concretamente, se diseñó e implementó un

taller STEM. Durante el desarrollo del taller el alumnado debía realizar diversas experiencias prácticas como la construcción con materiales reciclables o de fácil adquisición, de una linterna casera con diferentes luces, entre otros. Específicamente, los estudiantes del grupo experimental se distribuyeron en grupos de tres para realizar los diferentes objetos tecnológicos, y una vez contruidos, se llevaron a cabo restos y actividades para complementar la aplicación teórica y consolidar así el aprendizaje. Por ejemplo, una de las actividades consistió en enrollar papel celofán verde, azul o rojo a una linterna casera construida, para comprobar por ellos mismos la formación de colores mediante mezcla aditiva y mezcla sustractiva. Otra de las actividades prácticas realizadas fue comprobar la trayectoria de la luz a través de una rendija o el índice de refracción del agua mediante bolas de gel de jardinería sumergidas en agua. La Figura 1 muestra dos ejemplos de linternas realizadas y algunos de los materiales utilizados en las actividades.

Figura 1. Ejemplos de linternas realizadas por los estudiantes y materiales utilizados.



2.4. Instrumentos de medida

Para recabar la información sobre las variables emocionales, actitudinales y el nivel de conocimiento, antes y después de las intervenciones, se diseñaron dos instrumentos de medida compuestos por varios apartados, uno a modo de pre-test y otro a modo de post-test.

El pre-test contenía los siguientes bloques:

Bloque I: Pretendía medir las emociones manifestadas por el alumnado hacia las materias curriculares STEM, específicamente hacia la Física y Química, Tecnología y Matemáticas. Este bloque se diseñó teniendo en cuenta estudio previos (Mateos-Núñez, Martínez-Borreguero y Naranjo-Correa, 2019b; Mateos-Núñez, Martínez-Borreguero y Naranjo-Correa, 2020). Para ello, el alumno debía seleccionar las emociones mediante una escala Likert de 4 puntos, siendo 1 (No la siento nunca), 2 (La siento a veces), 3 (La siento muchas veces) y 4 (La siento siempre). Se seleccionaron 10 emociones, 5 positivas y 5 negativas. La clasificación de estas emociones se llevó a cabo con base en estudios previos (Borrachero et al., 2016; Mateos-Núñez, Martínez-Borreguero y Naranjo-Correa, 2019a; Mateos-Núñez, Martínez-Borreguero y Naranjo-Correa, 2020). Específicamente, las emociones seleccionadas fueron diversión, ira, tranquilidad, miedo, confianza, preocupación, satisfacción, odio, ansiedad y alegría, por considerarse representativas para la etapa secundaria (Mateos-Núñez et al., 2019a).

Bloque II: Pretendía medir diversas variables relacionadas con aspectos actitudinales. Así, estaba compuesto por varias preguntas referidas a el nivel de agrado hacia las asignaturas STEM del currículo (Física y Química, Tecnología y Matemáticas). También incluía una sección para indicar el nivel de importancia de las materias STEM en el mundo laboral, valorado el mismo mediante escala Likert de 1 (Mínimo nivel de importancia), a 10 (Máximo nivel de importancia). También se estudió el grado de competencia a la hora de aprender contenidos de estas asignaturas mediante una escala Likert de cuatro puntos, 1 (Nada competente), 2 (Poco competente), 3 (Bastante competente), 4 (Totalmente competente). Asimismo, el apartado también contenía una sección sobre el nivel de dificultad asociado a las materias STEM, determinado mediante escala Likert con cinco puntos, 1 (Muy fácil), 2 (Fácil), 3 (Normal), 4 (Difícil) y 5 (Muy difícil). Finalmente, se estudiaba las preferencias metodológicas del alumnado para trabajar estas materias y las utilizadas por el profesor, marcando la consideradas en cada caso con una cruz. Las metodologías seleccionadas fueron la metodología expositiva, la resolución de problemas, los proyectos, la gamificación y las clases invertidas.

Bloque III: Pretendía valorar el nivel de conocimientos previo en relación con los contenidos seleccionados. Estaba compuesto por 14 preguntas con cuatro respuestas posibles y sólo una respuesta correcta. En las preguntas, una de las opciones de respuesta es un distractor, es decir, una opción que previsiblemente marcarán aquellos alumnos que tengan una idea alternativa en relación

con el contenido en el que se basa la pregunta. A modo de ejemplo se muestran en la Figura 2 alguna de las preguntas formuladas referidas a los contenidos de óptica. La elaboración de estas cuestiones está basada en estudios previos (Martínez-Borreguero et al., 2013; Naranjo-Correa et al., 2016).

Figura 2. Ejemplo de preguntas del pre-test respecto a la variable nivel de conocimiento.

5. Una pelota se ve de color rojo al incidir una luz blanca sobre la misma, ¿de qué color se observará al incidir una luz de color azul? a. Azul b. Rojo c. Magenta d. Negro/No se ve
9. Una pelota se observa de color cian, al incidir una luz de color blanco sobre la misma, ¿de qué color se observará al incidir una luz de color rojo? a. Rojo b. Cian c. Amarillo d. Negro/No se ve
12. ¿Qué tipo de lentes necesitará alguien que tenga hipermetropía? a. Convergente b. Divergente c. Ninguna de las dos d. Una lente que combine tanto las divergente como las convergentes

Por otro lado, en el post-test aparecían los siguientes bloques.

Bloque I: Formado por un cuestionario para medir las emociones manifestadas por el alumnado durante las intervenciones didácticas desarrolladas. Se incluyeron diez emociones que debía ser valoradas en una escala tipo Likert de 1 a 4 donde 1 (No la he sentido nunca), 2 (La he sentido a veces), 3 (La he sentido muchas veces) y 4 (La he sentido siempre).

Bloque II: Pretendía medir diversas variables relacionadas con aspectos actitudinales. Incluía una pregunta relacionada con el nivel de dificultad de las asignaturas STEM (siendo 1 el menor nivel de dificultad y 10 el nivel máximo), otra pregunta sobre el nivel de agrado hacia las materias STEM (siendo 1 el menor nivel de agrado y 10 el nivel máximo) y una última pregunta para valorar el nivel de dificultad de la intervención realizada (siendo 1 el menor nivel de dificultad y 10 el nivel máximo).

Bloque III: Pretendía medir el nivel de conocimientos del alumnado participante. Este bloque estaba formado por 14 preguntas con cuatro respuestas posibles similares a las formuladas en el pre-test.

2.5. Validación del Instrumento de medida

En este apartado se presenta los resultados referidos a la validez y fiabilidad del test de conocimientos utilizado en la investigación llevando a cabo varias pruebas psicométricas siguiendo la metodología recomendada por autores previos (Ding y Beichner, 2009; Ding et al., 2006; McColgan et al., 2017; Melo-Niño et al., 2016). Concretamente, se realizaron pruebas estadísticas enfocadas a la valoración de los ítems del Test, como el índice de dificultad, los índices de discriminación, el coeficiente biserial puntual, la Delta de Ferguson y el coeficiente 20 de Kuder-Richardson, utilizando las fórmulas especificadas en los estudios anteriores. Como se observa en la Tabla 1, prácticamente casi todos los valores se encuentran dentro del rango recomendado.

Tabla 1. Análisis psicométrico del instrumento de evaluación.

Coefficiente	Valor obtenido	Valor recomendado
Índice de dificultad medio (P)	0,668	[0,30 - 0,90]
Índice de discriminación medio 1 (D1)	0,397	≥ 0,30
Índice de discriminación medio 2 (D2)	0,677	≥ 0,50
Coefficiente biserial puntual medio (r)	0,362	≥ 0,20
Delta de Ferguson (δ)	0,906	≥ 0,90
KR-20	0,533	≥ 0,50

El índice de dificultad medio (P) indica el nivel de dificultad del cuestionario. El valor obtenido ha sido de 0,668 revelando un grado de dificultad conceptual del instrumento apropiado. El índice de discriminación D1 mide el poder discriminatorio de cada ítem en un test, obteniéndose un valor de

0,397, lo que indica un índice de discriminación adecuado. El índice de discriminación D2 indica en qué medida una pregunta contribuye a distinguir entre los que más saben de los que menos, independientemente de la facilidad de dicha pregunta. El valor promedio obtenido en este índice se considera recomendado por la literatura, siendo este $D2 = 0,677$. El coeficiente biserial puntual (r) de 0,362 refleja la correlación entre las calificaciones de los sujetos en un ítem con las calificaciones en todo el test. Asimismo, se extrajo el valor de la Delta de Ferguson (δ), teniendo en cuenta que la literatura recomienda seguir el criterio de que un test que ofrece un buen poder de discriminación es mayor a 0,90. El test del estudio tienen un índice aproximado de $\delta = 0,906$ por lo que el instrumento ofrece un buen poder de discriminación. Por último, se ha calculado el coeficiente 20 de Kuder-Richardson (KR-20), que es una medida de la fiabilidad de la consistencia interna para medidas con opciones dicotómicas. Se ha obtenido un valor de KR-20 de 0,533 en el test de preconcepciones, lo cual indica una fiabilidad media-alta.

3. Resultados

En este apartado se muestran los resultados obtenidos en la investigación.

3.1. Resultados referidos a la variable nivel de conocimientos

Se presentan los resultados sobre la variable nivel de conocimientos que hace referencia al objetivo específico 1 y que nos permitirán constatar la hipótesis 1. En la Tabla 2, se muestran los estadísticos descriptivos tanto del grupo de control como del grupo experimental en el bloque III del pre-test relacionado con las ideas alternativas y conocimientos. La media obtenida en ambos casos se encuentra por debajo de 5. Concretamente, el grupo de control obtiene una calificación media de 4,26 puntos sobre diez y el grupo experimental ha alcanzado una calificación media de 4,04 puntos. El análisis por preguntas realizado indica una clara falta de conocimientos básicos como son la formación de colores mediante la mezcla aditiva y también sobre la mezcla sustractiva de colores, concordando estos resultados con los obtenidos por en otros estudios (Naranjo-Correa et al., 2016; Maestre-Jiménez et al., 2017). Asimismo, también se observan errores conceptuales sobre la refracción de la luz, confundiendo este suceso con una ilusión óptica, y también sobre conceptos relacionados con la electricidad como el tipo de conexión que hay entre dos pilas y sobre cómo debe ser un circuito eléctrico para que circule la corriente.

Tabla 2. Descriptivos test de ideas alternativas y conocimientos (pre-test)

	N	Media	Desviación Estándar	Error estándar de la media
Grupo de control	28	4,26	1,349	0,255
Grupo experimental	27	4,04	1,011	0,194

Por otro lado, para aceptar que ambas muestras son indistinguibles, es decir, parten con un nivel de conocimientos similar, se llevó a cabo un análisis inferencial para comprobar si hay diferencias significativas entre grupos. Los resultados de la prueba t de Student se muestran en la Tabla 3 y revelan un nivel de significación de 0,513. Es decir, no hay diferencias estadísticamente significativas entre las calificaciones alcanzadas por el grupo experimental y por el grupo de control en el pre-test. Sobre esta base, asumimos que ambos grupos son homogéneos, y por consiguiente se podría haber realizado la misma investigación intercambiando ambos grupos.

Tabla 3. Análisis inferencial calificaciones test de ideas alternativas y conocimientos (pre-test).

Media	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Pre test	0,659	53	0,513	0,212	0,322	-0,434	0,859

Una vez desarrolladas las diferentes intervenciones didácticas tanto con el grupo de control como con el grupo experimental se pasó el post-test. La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos en el tres

de ideas alternativas y de conocimientos realizado tras las intervenciones de ambos grupos. La media de ambos grupos ha mejorado con respecto al pre-test. Concretamente, el grupo de control obtiene una calificación media 6,17 puntos y el grupo experimental alcanza una calificación media de 7,22 puntos sobre diez. Estos resultados sugieren que ambas metodologías, tradicional y experimental, han mejorado el rendimiento del alumnado. Sin embargo, un aspecto a destacar es que la nota media del grupo experimental es superior a la del grupo de control, por tanto, para poder contrastar la hipótesis 1, hay que realizar un análisis inferencial para poder determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre grupos. Los resultados de la prueba t de Student se muestran en la Tabla 5, donde se puede observar el nivel de significación para la comparación de las medias entre el grupo experimental y el grupo de control es 0,019. Basándose en ello, podemos afirmar que existen diferencias estadísticamente significativas entre la puntuación media del grupo de control y la del grupo experimental a favor de este último.

Tabla 4. Descriptivos test de ideas alternativas y conocimientos (post-test)

	N	Media	Desviación Estándar	Error estándar de la media
Grupo de control	28	6,17	1,418	0,268
Grupo experimental	27	7,22	1,775	0,341

Tabla 5. Análisis inferencial calificaciones test de ideas alternativas y conocimientos (post-test)

Media	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Post-test	-2.425	53	0,019	-1,048	0,432	-1,916	-0,181

Con estos resultados se podría validar la efectividad que ha tenido la utilización de una práctica STEM en el aprendizaje de los estudiantes participantes en el estudio, ya que, aunque las dos metodologías utilizadas mejoran el rendimiento, la práctica STEM llevada a cabo con el grupo experimental conlleva que estos alumnos alcancen mejores calificaciones. Estos resultados van en la línea con otros estudios (Mateos-Núñez et al., 2020; English, 2016; Gazzola et al., 2018) que indican que los programas de educación STEM permiten hacer nuevas conexiones cognitivas a través de dos o más disciplinas, lo cual puede ser evidenciado en un mejor aprendizaje de los contenidos. Por consiguiente, estos resultados permiten validar la hipótesis 1 planteada en la investigación (existen diferencias estadísticamente significativas en el aprendizaje de los contenidos de óptica del alumnado que realiza una práctica STEM (Grupo Experimental) frente al alumnado que sigue una metodología académico-expositiva (Grupo Control).

3.2. Resultados referidos a la variable emocional

En este apartado se muestran los resultados obtenidos antes y después de las intervenciones en relación con las variables emocionales, con el fin de alcanzar el objetivo específico 2 y constatar la hipótesis 2. En primer lugar, se muestran los resultados obtenidos en el pre-test haciendo distinción por área y por grupo de estudio. Se presentan en las siguientes tablas (Tablas 6-9) las emociones hacia las materias STEM del currículo de educación secundaria seleccionadas (Física y Química, Tecnología y Matemáticas). La Tabla 6 muestra resultados porcentuales obtenidos en cada emoción para la asignatura Física y Química, diferenciando los datos del grupo de control de los del grupo experimental. Como se observa en la Tabla 6, los estudiantes de secundaria encuestados manifiestan las emociones positivas en mayor medida que las negativas hacia la materia Física y Química, ya que los porcentajes en los ítems 3 (La siento muchas veces) y 4 (Siempre la siento), son mayores en los estados emocionales positivos que en los negativos. La emoción positiva mejor valorada por la muestra participante es diversión, pues un 50 % de estudiantes del grupo de control y un 55,6 % de estudiantes del grupo experimental han seleccionado el ítem 3 (La siento muchas veces). Por el contrario, la emoción positiva peor valorada ha sido satisfacción, pues la muestra participante ha seleccionado mayoritariamente el ítem 2 (La siento a veces), concretamente un 46,9 % de estudiantes

del grupo de control y un 48,1 % de estudiantes del grupo experimental. Con respecto a la emoción confianza, cabe destacar que son los estudiantes del grupo experimental los que dice manifestar en mayor medida esta emoción frente a los estudiantes del grupo de control, pues observan altos porcentajes en los ítems 3 «La siento muchas veces» y 4 «Siempre la siento» por parte del grupo experimental y valores muy bajos en estos ítems por parte del grupo control.

Por otro lado, se observa que las emociones negativas se manifiestan de muy baja frecuencia en la muestra seleccionada, pues priman los porcentajes en el ítem 1 (No la siento nunca) en ambos grupos. Al igual que ocurre en estudios previos (Dávila, 2017), la emoción negativa más manifestada por ambos colectivos hacia la Física y Química es la emoción preocupación, encontrándose valores del 46,9 % en el grupo control y del 59,3 % en el grupo experimental para el ítem 2 (La siento a veces), y alcanzándose valores del 26% en el caso del grupo experimental y del 18 % en el grupo de control al sumar los ítems 3 (La siento muchas veces) y 4 (Siempre la siento).

Tabla 6. Porcentaje (%) de las emociones sentidas hacia Física y Química en el pre-test (CG vs GE)

Física y Química	1: No la siento nunca		2: La siento a veces		3: La siento muchas veces		4: Siempre la siento	
	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE
Diversión	9,4	-	25	29,6	50	55,6	3,1	14,8
Tranquilidad	28,1	7,4	28,1	66,7	12,5	18,5	18,8	7,4
Confianza	25	3,7	34,4	29,6	25	44,4	3,1	22,2
Satisfacción	21,9	11,1	46,9	48,1	12,5	33,3	6,3	7,4
Alegría	12,5	7,4	37,5	18,5	31,3	37	6,3	37
Miedo	75	77,8	9,4	14,8	-	7,4	3,1	-
Ira	53,1	59,3	25	40,7	6,3	-	3,1	-
Preocupación	21,9	14,8	46,9	59,3	15,6	18,5	3,1	7,4
Odio	56,3	77,8	21,9	14,8	6,3	3,7	3,1	3,7
Ansiedad	59,4	59,3	21,9	37	3,1	3,7	3,1	-

Posteriormente, la Tabla 7 muestra el porcentaje de emociones manifestada por los estudiantes hacia el área de Matemáticas. Se muestra resultados emocionales distinguiendo grupo de control de grupo experimental. Como se observa en la Tabla 7, el análisis inicial de las emociones hacia las Matemáticas sugiere que el alumnado se muestra generalmente imparcial hacia esta asignatura, pues los datos porcentuales se posicionan mayoritariamente en los ítems 1 (No la siento nunca) y 2 (La siento a veces) en casi todas las emociones y en ambos grupos de estudio. Si observamos las emociones positivas, se podría aceptar que es el grupo experimental el que manifiesta en mayor medida algunas de las emociones positivas al advertir valores del 40,7 % en *confianza* y del 33,3 % en *satisfacción* en este grupo para el ítem 3 (La siento muchas veces), frente a porcentajes del 15,6 % en estas mismas emociones para el grupo de control. Por el contrario, la emoción positiva peor valorada es la emoción *tranquilidad* al encontrarse que el ítem 1 (No la siento nunca) es seleccionado por un 40,6 % de estudiantes del grupo control y un 25,9 % de estudiantes del grupo experimental. Con respecto a las emociones negativas, cabe destacar que un 34,4 % de estudiantes pertenecientes al grupo de control y un 25,9 % de estudiantes del grupo experimentan seleccionan los ítems 3 (La siento muchas veces) y 4 (Siempre la siento) para la emoción *preocupación*. Asimismo, se resalta el 14,8 % de estudiantes pertenecientes al grupo experimental que seleccionan el ítem 4 (Siempre la siento) para la emoción *odio* en la asignatura de Matemáticas.

Tabla 7. Porcentaje (%) de las emociones sentidas hacia Matemáticas en el pre-test (CG vs GE).

Matemáticas	1: No la siento nunca		2: La siento a veces		3: La siento muchas veces		4: La siento siempre	
	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE
Diversión	37,5	22,2	34,4	40,7	9,4	29,6	6,3	7,4
Tranquilidad	40,6	25,9	34,4	44,4	9,4	14,8	3,1	14,8
Confianza	40,6	18,5	25	25,9	15,6	40,7	6,3	14,8
Satisfacción	25	14,8	37,5	44,4	15,6	33,3	9,4	7,4
Alegría	28,1	18,5	25	37	21,9	37	12,5	7,4
Miedo	46,9	63	21,9	25,9	6,3	3,7	12,5	7,4
Ira	25	44,4	40,6	37	9,4	14,8	12,5	3,7
Preocupación	15,6	25,9	37,5	48,1	15,6	11,1	18,8	14,8
Odio	53,1	70,4	21,9	11,1	6,3	3,7	6,3	14,8
Ansiedad	58,3	66,7	18,8	22,2	3,1	7,4	9,4	3,7

Finalmente, la Tabla 8 muestra el porcentaje de las emociones sentidas antes de las intervenciones hacia el área de Tecnología, haciendo distinción por grupo de estudio.

Tabla 8. Porcentaje (%) de las emociones sentidas hacia Tecnología en el pre-test (CG vs GE)

Tecnología	1: No la siento nunca		2: La siento a veces		3: La siento muchas veces		4: La siento siempre	
	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE
Diversión	3,1	-	12,5	11,1	28,1	55,6	43,8	33,3
Tranquilidad	12,5	3,7	31,3	37	21,9	44,4	21,9	14,8
Confianza	25	-	18,8	22,2	21,9	40,7	21,9	37
Satisfacción	6,3	3,7	21,9	22,2	31,3	55,6	28,1	18,5
Alegría	6,3	-	18,8	14,8	25	44,4	37,5	40,7
Miedo	81,3	92,6	-	7,4	3,1	-	3,1	-
Ira	75	74,1	6,3	22,2	6,3	3,7	-	-
Preocupación	53,1	59,3	25	40,7	9,4	-	-	-
Odio	81,3	100	3,1	-	3,1	-	-	-
Ansiedad	71,9	81,5	12,5	14,8	3,1	-	-	3,7

Los resultados mostrados en la Tabla 8 indican claramente que la muestra participante manifiesta mayoritariamente emociones positivas hacia la asignatura de Tecnología. Concretamente, un 72 % de estudiantes del grupo control y un 88 % de estudiantes del grupo experimental seleccionan las opciones 3 (La siento muchas veces) y 4 (La siento siempre) para la emoción *diversión*, siendo esta emoción la más manifestada los estudiantes hacia el área de Tecnología. Asimismo, sobre el 85 % de estudiantes del grupo experimental y sobre el 60 % de alumnos del grupo control escogen los ítems 3 (La siento muchas veces) y 4 (La siento siempre) para la emoción *alegría*. Por el contrario, apenas hay estudiantes que seleccionen los ítems 3 (La siento muchas veces) y 4 (La siento siempre) para los valores emocionales negativos, sobre todo por parte del grupo experimental. Asimismo, cabe destacar que un 100 % de los estudiantes del grupo experimental seleccionan el ítem 1 (No la siento nunca) para la emoción *odio* frente a un 81,3 % de estudiantes del grupo de control. A esta emoción le sigue la *ansiedad* con valores del 71,9 % de estudiantes del grupo de control y 81,5 % de estudiantes del grupo experimental en el ítem 1 (No la siento nunca). Por el contrario, los datos sugieren que la emoción negativa más exhibida es la *preocupación*, pues el ítem 2 (La siento a veces) se observan valores porcentuales del 25 % por parte del grupo control y del 40,7 % por parte del grupo experimental.

Tras llevar a cabo las sesiones didácticas pertinentes con el grupo control y con el grupo experimental se volvió a realizar una evaluación de las emociones manifestadas por los estudiantes hacia la enseñanza-aprendizaje de las áreas STEM en general. Concretamente se lleva a cabo un análisis inferencial para determinar si existían inferencial estadísticamente significativas entre grupos. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Análisis inferencial de las emociones manifestadas hacia las áreas STEM en el post-test (GC vs GE).

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Diversión	-3,965	52	0,000*	-0,90621	0,22857	-1,36487	-0,44755
Tranquilidad	-0,187	52	0,852	-0,05241	0,28011	-0,61450	0,50967
Confianza	-2,464	52	0,017*	-0,64138	0,26032	-1,16375	-0,11901
Satisfacción	-5,806	52	0,000*	-1,20414	0,20741	-1,62033	-0,78794
Alegría	-3,585	52	0,001*	-0,83586	0,23316	-1,30373	-0,36800
Ira	0,475	52	0,637	0,07586	0,15964	-0,24449	0,39621
Miedo	0,649	52	0,519	0,11034	0,17013	-0,23104	0,45173
Preocupación	0,009	52	0,993	0,00138	0,15077	-0,30117	0,30392
Odio	-0,189	52	0,850	-0,01655	0,08737	-0,19188	0,15877
Ansiedad	0,242	52	0,809	0,02345	0,09671	-0,17061	0,21751

Los resultados de la Tabla 9 muestran la existencia de diferencias estadísticamente significativas (Sig.<0,05) en casi todas las variables emocionales positivas tras la realización de las intervenciones didácticas. Concretamente, se obtienen valores significativamente diferentes en la emoción *diversión* (Sig.<0,001), en la emoción *confianza* (Sig.=0,017), en la emoción *satisfacción* (Sig.<0,001) y en la emoción *alegría* (Sig.=0,001), siendo estas emociones manifestadas con mayor frecuencia por parte del alumnado del grupo experimental que llevo a cabo las actividades prácticas STEM. Por el contrario, en las variables emocionales negativas no se observan diferencias estadísticamente significativas entre grupos. Estos resultados permiten aceptar la hipótesis 2 (El desarrollo de una práctica STEM (Grupo Experimental) genera un aumento significativo de emociones positivas frente a la metodología académico-expositiva (Grupo control)).

Asimismo, los resultados anteriores coinciden con estudios previos que señalan que las emociones positivas hacia las ciencias y tecnologías mejoran cuando éstas son enseñadas mediante estrategias experimentales y prácticas que permitan una total participación del alumnado (Mateos- Núñez et al., 2020; Dávila, 2017). En consecuencia, es importante el desarrollo e integración de actividades prácticas en el aula durante las clases de ciencias, pues fomenta el desarrollo de emociones positivas y por consiguiente la capacidad de aprender (Garritz, 2009).

3.3. Resultados referidos a la variable actitudinal

Opinión del alumnado sobre las preferencias metodológicas en materias STEM

En este apartado se explican los resultados relacionados con la variable preferencia metodológica fundamentada en el objetivo específico 3 y que hace referencia a la hipótesis 3.A del estudio. Antes de la intervención, se solicitó a los estudiantes determinar qué metodologías didácticas aplicaba el profesorado para la enseñanza de las áreas STEM, así como indicar su preferencia metodológica. Las metodologías seleccionadas en ambos casos fueron la metodología expositiva, la resolución de problemas, el aprendizaje por proyectos, la Gamificación y las clases invertidas. Los resultados obtenidos señalan que en Física y Química el profesorado opta principalmente por la metodología resolución de problemas, seguida de la metodología académico-expositiva. En la asignatura de Matemáticas, la metodología más utilizada con diferencia es la resolución de problemas y, por último, la metodología más implementada en La asignatura Tecnología, según los encuestados, es la resolución de proyectos. Se observa que las metodologías activas tienen poca presencia en el proceso educativo según la muestra. Se hace uso de la metodología clase invertida en algunas clases de Física y Química, pero el uso de este método es prácticamente nulo en Matemáticas y Tecnología. Por otra parte, en la metodología de gamificación fue marcada por algunos alumnos en la asignatura de Tecnología, ya que al parecer suelen incorporar estrategias de juego para motivar y apoyar el trabajo de los estudiantes. Por otro lado, el análisis de las metodologías preferentes del alumnado indica que, el aprendizaje por Proyectos y la gamificación son los métodos más aclamados por los estudiantes en las asignaturas de Tecnología y Física y Química. En el caso de las Matemáticas, las dos metodologías preferentes fueron

Resolución de Problemas y Gamificación. Estos resultados sugieren que los estudiantes priorizan las metodologías más prácticas que les permita ser los protagonistas de su propio aprendizaje, coincidiendo así con lo establecido en estudios previos (Martínez-Borreguero et al., 2019a; De Miguel y Martín-Varés, 2006). Estos resultados permiten confirmar la Hipótesis 3.A (Los alumnos participantes de 3º de ESO muestran mayor preferencia hacia las metodologías activas frente aquellas de carácter tradicional) ya que las metodologías preferentes de la muestra participante son aquellas en las que el alumnado es un agente activo del proceso educativo.

Opinión del alumnado sobre el nivel de competencia del alumnado antes materias STEM

Posteriormente, se presentan los resultados relacionados con la variable nivel de competencia STEM, relacionada con el objetivo específico 3 y con la hipótesis 3.B. El pre-test actitudinal implementado antes de las intervenciones didácticas también solicitaba al alumnado de 3º ESO evaluar su nivel de competencia para aprender contenidos de Física y Química, Matemáticas y Tecnología. Esta variable fue evaluada mediante una escala tipo Likert de 4 puntos que iba de 1 (Nada competente), 2 (Poco competente), 3 (Bastante competente) a 4 (Totalmente competente). Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 10, en la que se hace distinción por asignaturas y se tiene en cuenta a toda la muestra su conjunto. Los resultados de la Tabla 10 revelan que, para la asignatura de Física y Química, un 45,5 % de los encuestados responden que se sienten Bastante competentes a la hora de atender estos contenidos, pero también hay que mencionar al 30,9% de estudiantes que se sienten poco competentes en el aprendizaje de contenidos de Física y Química, siendo esta materia la peor valorada en relación con el nivel autoeficacia. En la asignatura de Matemáticas, la mayoría escogen también el ítem Bastante competente, concretamente un 41,8% de alumnos, y también cabe destacar al 23,8 % de encuestados que seleccionan el ítem Totalmente competente en Matemáticas. Finalmente, se observa que, en el área de Tecnología, un 58,2 % de los estudiantes escogen el ítem Bastante competente y un 30,9 % el ítem Totalmente competente, siendo esta asignatura en la que el alumnado de 3º de ESO encuestado muestra mayor nivel de autoeficacia. Los resultados sobre la variable autoeficacia permiten confirmar la hipótesis 3.B (Los alumnos participantes de 3º de ESO muestran niveles de autoeficacia más altos en el área de Tecnología frente al aprendizaje de contenidos del área de Física y Química o Matemáticas).

Tabla 10. Porcentaje del nivel de competencia de la muestra participante (pre-test).

	Asignaturas		
	Física y Química	Matemáticas	Tecnología
Nada competente	10,9 %	14,5 %	1,8 %
Poco competente	30,9 %	20,0 %	9,1 %
Bastante competente	45,5 %	41,8 %	58,2 %
Totalmente competente	12,7 %	23,8 %	30,9 %

Opinión del alumnado sobre el nivel de dificultad de las materias STEM

En este apartado, se exponen los resultados obtenidos en relación con la variable nivel de dificultad que asocian los alumnos y alumnas de 3º ESO a las asignaturas de Física y Química, Matemáticas y Tecnología. Esta variable se recoge en el objetivo específico 3 y se relaciona con la hipótesis 3.C. La Tabla 11 hace referencia a los resultados obtenidos por la muestra en su conjunto en el pre-test antes de llevar a cabo las intervenciones. Se muestran los resultados globales de ambos grupos dado que el análisis inferencial realizado entre grupo reveló que no existían diferencias estadísticamente significativas entre ellos (Sig. > 0,05). Concretamente, la Tabla 12 muestra el porcentaje obtenido para cada uno de los niveles de dificultad establecidos en cada una de las asignaturas, teniendo en cuenta una escala Likert de cinco puntos, 1 (Muy fácil), 2 (Fácil), 3 (Normal), 4 (Difícil) y 5 (Muy difícil).

Tabla 11. Nivel de dificultad manifestado por la muestra en el pre-test.

	Asignaturas		
	Física y Química	Matemáticas	Tecnología
Muy fácil	1,8 %	0 %	16,4 %
Fácil	7,3 %	10,9 %	45,5 %
Normal	67,3 %	41,8 %	36,4 %
Difícil	18,2 %	34,5 %	1,8 %
Muy difícil	5,5 %	12,7 %	0 %

Los resultados mostrados en la Tabla 11 revelan que, antes de las intervenciones, la muestra participante seleccionó mayoritariamente los ítems Normal y Difícil en la asignatura Física y Química, con un porcentaje de 67,4 % y 18,2 % respectivamente, lo cual sugiere que los estudiantes consideran dicha asignatura de dificultad media. En la asignatura de Tecnología, las opciones marcadas mayoritariamente son Fácil y Normal con un 45,5% y 36,4% en cada caso, indicando ello que es la asignatura más sencilla según los encuestados. Por último, en el caso de las Matemáticas, los ítems Difícil y Muy difícil son marcados por un 34,5% y un 12,7 % respectivamente, confirmando ello que esta asignatura es la más difícil de las propuestas. En vista de los datos se puede afirmar que la muestra participante considera que la asignatura de mayor complejidad es matemáticas y la más fácil la asignatura de Tecnología, encontrándose en una posición intermedia la asignatura de Física y Química. En este sentido, coincidimos con Dávila et al. (2018) en que el principal motivo de dificultad de las asignaturas científico-tecnológicas, como Física y Química, se encuentra en la dificultad del manejo de las Matemáticas.

Una vez realizada las intervenciones con el grupo control tiempo experimental, en el post-test se volvió a preguntar por el nivel de dificultad de las materias STEM. En este caso, se pidió al alumnado evaluar cada asignatura de 1 a 10, siendo 1 la mínima calificación y 10 la máxima. En la Tabla 12 se muestran los resultados obtenidos por el grupo de control y por el grupo experimental.

Tabla 12. Nivel de dificultad de las áreas STEM (post-test).

	Física y química		Matemáticas		Tecnología	
	Media	Desviación típica	Media	Desviación típica	Media	Desviación típica
Grupo de control	7,52	2,02	6,50	2,96	5,59	2,85
Grupo experimental	5,00	1,68	5,00	2,52	2,80	1,61

Como se observa en la Tabla 12, tras las intervenciones la valoración que hace el alumnado sobre la complejidad de las asignaturas varía con respecto al pre-test. En la asignatura de Física y Química, la media del nivel de dificultad que asocian los estudiantes del grupo experimental es de 5 puntos sobre 10, frente a los 7,52 puntos que indica el grupo de control, calificación bastante mayor que el anterior. En el caso de la asignatura de Matemáticas, la media de dificultad que indica el grupo experimental es menor que la que indica el grupo de control, 5 puntos frente a los 6,50 señalados por el grupo de control. Por último, en la asignatura Tecnología ocurre lo mismo, la dificultad media obtenida en el grupo experimental es bastante menor que la que manifiesta el grupo de control. Asimismo, el análisis inferencial realizado para comparar estas puntuaciones entre grupos revela la existencia de diferencias estadísticamente significativas en el área de Física y Química (Sig.<0,001), en el área de Tecnología (Sig.<0,001), y en Matemáticas (Sig.<0,001). Teniendo en cuenta la valoración global inicial realizada por los estudiantes y las obtenidas tras las intervenciones, cabría recalcar nuevamente la importancia de los talleres STEM por mostrar al alumnado que los contenidos científico-tecnológicos no son difíciles de comprender, simplemente es necesario involucrarse en el proceso de aprendizaje de los mismos. Estos resultados permiten aceptar la Hipótesis 3.C (Existen diferencias estadísticamente significativas entre el nivel de dificultad manifestado hacia las materias STEM por el alumnado que recibe una enseñanza STEM frente al que recibe una enseñanza expositiva).

Opinión del alumnado sobre el nivel de dificultad de las intervenciones didácticas

Finalmente, se muestran los resultados referidos a la variable nivel de dificultad de las intervenciones didácticas. Esta variable se recoge en el objetivo específico 3 y hace referencia a la hipótesis 3.D. Concretamente, se pidió al alumnado valorar el nivel de dificultad de la intervención realizada de 1 a 10, siendo 1 el nivel más bajo y 10 el nivel más alto, teniendo en cuenta que el grupo de control recibió una enseñanza tradicional y el grupo experimental una enseñanza activa basada en actividades STEM. Los resultados obtenidos muestran abajo en la Tabla 13.

Tabla 13. Dificultad de las intervenciones (post-test).

	N	Media	Desviación Estándar
Grupo de control	28	4,52	2,18
Grupo experimental	27	2,88	1,69

Los resultados mostrados en la Tabla 13 revelan que al alumnado, independientemente del grupo en el que estuviera, no le pareció difícil seguir las explicaciones sobre óptica propuestas en la intervención si bien es cierto que el alumnado del grupo control consideró de mayor complejidad su sesión basada en una enseñanza tradicional, pudiendo ello deberse a la escasez de participación del alumnado durante las explicaciones y suponiendo esto una mayor dificultad a la hora de retener los contenidos. En el análisis inferencial realizado entre grupos se obtuvo una significatividad Sig. = 0,004, lo que confirmó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos en relación a esta variable. Por consiguiente, estos resultados nos permiten confirmar la hipótesis 3.D (Existen diferencias estadísticamente significativas en el nivel de dificultad asociado a las metodologías didácticas implementadas, a favor de la metodología práctica STEM).

4. Conclusiones

La investigación realizada pone de manifiesto que sobre el contenido de ciencias seleccionado relacionado con conceptos básicos de óptica, los alumnos presentan inicialmente en el pre-test ideas alternativas sobre ellos, coincidiendo con la literatura (Martínez-Borreguero et al., 2013). Sin embargo, el hecho aislado de detectar las ideas previas de los alumnos no sirve de nada si no fuera seguido de intervenciones didácticas destinadas a transformar esas concepciones alternativas (Sánchez-Martín et al., 2019). En este sentido, los profesores deben reflexionar y planificar el proceso de enseñanza y aprendizaje de forma que permitan a los alumnos superar esas dificultades una vez conocidas (Dávila et al., 2016; Cheung, 2011). Teniendo en cuenta estas consideraciones, las ideas alternativas detectadas fueron intervenidas mediante dos tipos de metodologías didácticas y los resultados determinaron que la mayoría de los alumnos lograron un cambio conceptual después de la instrucción. No obstante, el trabajo práctico llevado a cabo por el grupo experimental ha jugado un papel fundamental en la comprensión y aprendizaje de los contenidos frente al grupo de control. El concreto, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las puntuaciones medias obtenidas tras las intervenciones, siendo éstas más elevadas en el conjunto de alumnos del grupo experimental. Las prácticas STEM implementadas en el grupo experimental, basadas en una estrategia de aprendizaje por investigación orientada y centrada del alumnado, han posibilitado un mejor aprendizaje conceptos científicos y tecnológicos gracias a la directa manipulación de materiales y objetos cotidianos (Martínez-Borreguero, Mateos-Núñez y Naranjo-Correa, 2019b; Mateos-Núñez, Martínez-Borreguero y Naranjo-Correa, 2020). Se concluye que, los proyectos prácticos permiten a los alumnos profundizar en el conocimiento y desarrollar habilidades y actitudes positivas hacia el aprendizaje (Costa y Dorrió, 2010). Además, si a este tipo de experiencias prácticas se le da un carácter más lúdico, se consiguen también modificar las variables relacionadas con el dominio afectivo, no solo con el cognitivo (Martínez-Borreguero, Mateos-Núñez y Naranjo-Correa, 2019b; Martínez-Borreguero et al., 2018). En base a ello, las actividades prácticas facilitan la construcción del conocimiento contribuyendo significativamente a mejorar la comprensión de conceptos físicos, así como al desarrollo del razonamiento lógico y la comunicación, y a la estimulación de la capacidad de iniciativa y el trabajo en grupo a partir de un aprendizaje activo (Lunetta et al., 2007; Monteiro et al., 2013; Barros y Días, 2019).

Por otro lado, las emociones que experimentan los estudiantes encuestados de Educación Secundaria hacia las áreas STEM son principalmente positivas, (Borrachero et al., 2016; Mateos-Núñez et al., 2019a) si bien es cierto que se denota un notable declive de las emociones positivas en el alumnado (Vázquez y Manassero, 2011). Ante este contexto, la utilidad y efectividad pedagógica del empleo de actividades manipulativas está probada en diferentes niveles educativos y disciplinas no sólo a nivel cognitivo sino también a nivel emocional (Mateos-Núñez, et al., 2020; Pekrun, 2006; Itzek-Greulich y Vollmer, 2017). En esta línea, los resultados encontrados ponen de manifiesto que las emociones positivas se manifiestan con mayor frecuencia durante el aprendizaje práctico que durante el teórico, coincidiendo así con las aportaciones de investigaciones previas (Mellado et al., 2014; Mateos-Núñez et al., 2019a). Por consiguiente, las experiencias científicas u otras actividades prácticas que resulten amenas a la vez que formativas adquieren gran relevancia durante el proceso educativo (Martínez-Borreguero et al., 2018; García-Molina, 2011). Concretamente, no se aprende lo que no se quiere aprender, no se aprende aquello que no motiva, y si algo no motiva se debe a que no genera emociones positivas que impulsen a la acción en esa dirección (García-Retana, 2012). Asimismo, las bajas expectativas y el desinterés pueden dar lugar a la pérdida de confianza en la ciencia y, en última instancia, a la retirada del apoyo a la misma, por lo que el aumento de los niveles de conocimientos científicos y la motivación pueden contrarrestar este posible desencanto con la ciencia (Garritz, 2010). Teniendo en cuenta la importancia de la educación STEM en aspectos tanto cognitivos como emocionales y actitudinales, debería considerarse la posibilidad de llevar a cabo colaboraciones conjuntas entre las escuelas primarias y secundarias a fin de erradicar el declive actitudinal durante la transición y fomentar la alfabetización científica desde las primeras edades (Fadzil y Saat, 2014) por ser una etapa con gran viabilidad de considerar un enfoque integrador STEM (Chiu et al., 2015).

Independientemente de la opción que elija cada alumno para su futuro, no cabe la menor duda de que con esta forma de enseñar y de aprender estamos contribuyendo a aumentar el nivel científico de la mayoría de la población (Carreras et al., 2007). Sin embargo, a pesar de su relevancia, aún no existe un marco pedagógico unificado para el diseño e implementación de programas STEM en las instituciones escolares y por ello, diversos autores (Heil et al, 2013) alertan sobre la escasez de recursos y de investigaciones realizadas acerca de la metodología STEM. En consecuencia, hay que señalar que, a pesar de las limitaciones de este estudio, siendo la más evidente el alcance y la representatividad de la muestra, esta investigación supone un punto de inflexión para continuar por el camino de las metodologías activas, y concretamente de la metodología STEM (Bybee, 2010; Sanders, 2009; Becker y Park, 2011). No obstante, será necesario seguir investigando no sólo para ampliar información en este campo sino también para seguir presentando propuestas que mejoren el desarrollo profesional de los docentes de todas las etapas de educativas.

Agradecimientos

Proyecto PID2020-115214RB-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/ 501100011033 y Ayuda GR21047 financiada por la Junta de Extremadura y FEDER.

Referencias

- Alborch, A., Pandiella, S. y Benegas, J. (2015). Aprendizaje activo en óptica (Programa ALOP). Relato de una experiencia en la escuela secundaria. *Anuario Digital de Investigación Educativa*, 26.
- Barros, T. R., & Dias, W. S. (2019). Práticas experimentais de Física a distância: Desenvolvimento de uma aplicação com Arduino para a realização do Experimento de Millikan remotamente. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 41(4).
- Beauchamp, G., & Parkinson, J. (2008). Pupils' attitudes towards school science as they transfer from an ICT- rich primary school to a secondary school with fewer ICT resources: Does ICT matter? *Education and Information Technologies*, 13(2), 103-118.
- Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 12(5&6), 23-37.
- Benegas, J. y Villegas, M. (2013). El aprendizaje activo y la enseñanza de la Física. En J. Benegas, M. C. Pérez de Landazábal y J. Otero (Eds.), *El aprendizaje activo de la física básica universitaria* (pp. 57-68). Andavira Editora.
- Benegas, J., Villegas, M., Pérez de Landazabal, M. C. y Otero, J. (2009). Conocimiento conceptual de física básica en ingresantes a carreras de ciencias e ingeniería en cinco universidades de España, Argentina y Chile. *Revista Iberoamericana de Física*, 5, 35-43.
- Borrachero, A.B., Dávila, M.A., Costillo, E. y Bermejo, M.L. (2016). Relación entre recuerdo y vaticinio de emociones hacia las ciencias en profesores en formación inicial. *Revista de Estudios e Investigación en Psicología y Educación*, 3, 1-8.
- Brickhouse, N. W., Lowery, P., & Schultz, K. (2000). What kind of a girl does science? The construction of school science identities. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 37(5), 441-458.
- Bruning, R. H., Schraw, J. G., Norby, M. M., & Ronning, R. R. (2004). *Cognitive psychology and instruction*. Pearson.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.
- Carreras, C., Yuste, M. y Sánchez, J. P. (2007). La importancia del trabajo experimental en física: un ejemplo para distintos niveles de enseñanza. *Revista Cubana de Física*, 24(1), 80-83.
- Carretero, M. (1998). Constructivismo "mon amour". En R. Baquero, M. Carretero, J.A. Castorina, A. Lenci, E. Litwin y A. Camilloni (Eds.), *Debates constructivistas* (pp. 47-68). Aique.
- Cheung, D. (2011). Evaluating student attitude toward chemistry lessons to enhance teaching in secondary school. *Educación Química*, 22, 117-122.
- Chiu, A., Price, C. A., & Ovrahim, E. (2015). Supporting elementary and middle school STEM education at the whole school level: A review of the literature. En *NARST 2015 Annual Conference*. Chicago, IL.
- Costa, M. F. y Dorrió, B. V. (2010). Actividades manipulativas como herramienta didáctica en la educación científico-tecnológica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(2), 462-472.
- Couso, D., Jiménez, M. P., López-Ruiz, J., Mans, C., Rodríguez, C., Rodríguez, J. M. y Sanmartí, N. (2011). *Informe ENCIENDE: Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica escolar para edades tempranas en España*. COSCE.
- Dávila, M. A. (2017). Las emociones y sus causas en el aprendizaje de Física y Química, en el alumnado de Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 570-586.
- Dávila, M.A. Cañada, F., Sánchez-Martín, J. y Mellado, V. (2016). Las emociones en el aprendizaje de física y química en educación secundaria. Causas relacionadas con el estudiante. *Educación Química*, 27, 217-225.
- Dávila, M.A., Borrachero, A.B., Cañada, F., & Sánchez-Martín, J. (2018). Affective and Cognitive Factors in Learning of Physical and Chemical Changes of Matter in Secondary Education Students. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 44, 91-110.
- De Danón, M. A. P. (1999). Concepciones y preconcepciones referidas a la formación de imágenes. *Revista de Enseñanza de la Física*, 12(1), 13-46.

- De Miguel, C. R. y Martín-Varés, L. O. (2006). La opinión del alumnado de la Facultad de Educación (UCM) acerca de la metodología docente. *Revista Complutense de Educación*, 17(1), 29.
- Désautels, J. (1998). Constructivism-in-action: Students examine their idea of science. En M. Larocelle, N. Bednarz, & J. Garrison (Eds.), *Constructivism and education* (pp. 121-138). Cambridge University Press.
- Ding, L., & Beichner, R. (2009). Approaches to data analysis of multiple-choice questions. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 5(2), 20103.
- Ding, L., Chabay, R., Sherwood, B., & Beichner, R. (2006). Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment. *Physical Review Special Topics-Physics education research*, 2(1), 10105.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 3.
- Evans, H., & Fisher, D. (2000). Cultural differences in students' perceptions of science teachers' interpersonal behaviour. *Australian Science Teachers Journal*, 46(2), 9-17.
- Fadzil, H. M., & Saat, R. M. (2014). Enhancing STEM Education during School Transition: Bridging the Gap in Science Manipulative Skills. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(3), 209-218.
- Feher, E., & Meyer, K. R. (1992). Children's conceptions of color. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(5), 505-520.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- García-Retana, J. Á. (2012). La educación emocional, su importancia en el proceso de aprendizaje. *Revista educación de la Universidad de Costa Rica*, 36(1), 97-109.
- García-Molina, R. (2011). Ciencia recreativa: un recurso didáctico para enseñar deleitando. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8, 370-392.
- García-Perales, R. y Jiménez-Fernández, C. (2018). Relación entre repetición de curso, rendimiento académico e igualdad en educación: Las aportaciones de PISA. *Revista Educación, Política y Sociedad*, 4(1), 84-108.
- Garritz, A. (2009). La afectividad en la enseñanza de las ciencias. *Educación Química*, 20, 212-219.
- Garritz, A. (2010). La enseñanza de la ciencia en una sociedad con incertidumbre y cambios acelerados. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 28(3), 315-326.
- Gazzola, M. P., Otero, M. R., Llanos, V. C., & Arlego, M. (2018). Introducing STEM pedagogy in secondary school by means of Study and Research Path (SRP). *Latin-American Journal of Physics Education*, 12(4), 2.
- Gilbert, J. K., & Watts, D. M. (1983). Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education. *Studies in Science Education*, 10(1), 61-98.
- Gurel, D. K., Eryilmaz, A., & McDermott, L. C. (2015). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(5), 989-1008.
- Haagen-Schützenhöfer, C. (2017). Students' conceptions on white light and implications for teaching and learning about colour. *Physics Education*, 52(4), 044003.
- Heil, D. R., Pearson, G., & Burger, S. E. (2013). Understanding integrated STEM education: Report on a national study. En *ASEE Annual Conference & Exposition*. Atlanta, Georgia.
- Iparraguirre, L. M. (2007). Una propuesta de utilización de la historia de la ciencia en la enseñanza de un tema de física. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 25(3), 423-434.
- Itzek-Greulich, H., & Vollmer, C. (2017). Emotional and motivational outcomes of lab work in the secondary intermediate track: The contribution of a science center outreach lab. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(1), 3-28.
- Jenkins, E. W. (2006). The student voice and school science education. *Studies in science education*, 42, 49-88.
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science education*, 84(1), 71-94.
- Laws, P. W. (1991). Calculus-based physics without lectures. *Physics today*, 44(12), 24-31.

- Lunetta, V. N., Hofstein, A., & Clough, M. P. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice. En K. Abell y N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 393-441). Routledge.
- Lyons, T. (2006). Different countries, same science classes: Students' experiences of school science in their own words. *International journal of science education*, 28(6), 591-613.
- Maestre-Jiménez, J., Martínez-Borreguero, G. y Naranjo-Correa, F. L. (2017). Análisis del tratamiento del concepto de energía en la educación secundaria española actual. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, (Extra)*, 1275-1280.
- Marbá, A. y Márquez, C. (2010). ¿Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? Un estudio transversal de sexto de Primaria a cuarto de ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 19-30.
- Marcos-Merino, J.M., Esteban-Gallego, R. y Gómez, J. (2019) Formando a futuros maestros para abordar los microorganismos mediante actividades prácticas. Papel de las emociones y valoraciones de los estudiantes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 16(1), 1602.
- Martínez-Borreguero, G., Mateos-Núñez, M., & Naranjo-Correa, F.L. (2019a). Emotions of elementary school students: comparative analysis between different school subjects. En E. J. Byker y A. Horton (Eds.), *Elementary Education. Global Perspectives Challenges and Issues of the 21st Century* (pp. 69-98). Nova Science Publishers, Inc.
- Martínez-Borreguero, G., Mateos-Núñez, M., & Naranjo-Correa, F.L. (2019b). Implementation and Didactic Validation of STEM Experiences in Primary Education: Analysis of the Cognitive and Affective Dimension. En IntechOpen (Eds.) *Theorizing STEM Education in the 21st Century*. IntechOpen.
- Martínez-Borreguero, G., Naranjo, F. L., Mateos M., & Sánchez-Martín, J. (2018). Recreational experiences for teaching basic scientific concepts in primary education: The case of density and pressure. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(12), 1-16.
- Martínez-Borreguero, G., Naranjo-Correa, F. y Mateos-Núñez, M. (2019) Análisis de las creencias de autoeficacia de docentes de Educación primaria en formación en la impartición de Contenidos curriculares de óptica. En S. Alonso, J.M. Romero, C. Rodríguez y J.M. Sola (Eds.), *Investigación, Innovación docente y TIC. Nuevos horizontes educativos* (pp. 1847-1871). Dykinson, S.L.
- Martínez-Borreguero, G., Pérez-Rodríguez, Á. L., Suero-López, M. I., & Pardo-Fernández, P. J. (2013a). Detection of misconceptions about colour and an experimentally tested proposal to combat them. *International Journal of Science Education*, 35(8), 1299-1324.
- Mateos-Núñez, M., Martínez-Borreguero, G. y Naranjo-Correa, F.L. (2019a). Comparación de las emociones, actitudes y niveles de autoeficacia ante áreas STEM entre diferentes etapas educativas. *European Journal of Education and Psychology*, 13(1), 251-267.
- Mateos-Núñez, M., Martínez-Borreguero, G. y Naranjo-Correa, F.L. (2019b) Aprendizaje de contenidos de fuerza y movimiento mediante talleres STEM en 6º de primaria. Análisis cognitivo y emocional. En S. Alonso, J.M. Romero, C. Rodríguez y J.M. Sola (Eds.), *Investigación, Innovación docente y TIC. Nuevos horizontes educativos* (pp. 380-390). Dykinson, S.L.
- Mateos-Núñez, M., Martínez-Borreguero, G., & Naranjo-Correa, F. L. (2020). Learning Science in Primary Education with STEM Workshops: Analysis of Teaching Effectiveness from a Cognitive and Emotional Perspective. *Sustainability*, 12(8), 3095.
- McColgan, M. W., Finn, R. A., Broder, D. L., & Hassel, G. E. (2017). Assessing students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 20121.
- McDermott L.C. y Shaffer P.S. (2001). *Tutoriales para Física Introductoria*. Prentice Hall.
- Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L.V., Dávila, M.A., Cañada, F., Conde, M.C., Costillo, E., Cubero, J., Esteban, R., Martínez, G., Ruiz, C., Sánchez, J., Garritz, A., Mellado, L., Vázquez, B., Jiménez, R. y Bermejo, M. L. (2014). Las Emociones en la Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 11-36.
- Melo-Niño, L. V., Sánchez, R., Cañada, F. y Martínez-Borreguero, G. (2016). Learning difficulties on Archimedes' Principle in the floating context. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38(4), e4401.
- Monteiro, M. A. A., Monteiro, I. C. D. C., Germano, E., Silvério, J. y Junior, F. S. (2013). Protótipo de uma atividade experimental para o estudo da cinemática realizada remotamente. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30(1), 191-208.

- Murphy, C., & Beggs, J. (2003). Children perceptions of school science. *School Science Review*, 84(308), 109-116.
- Naranjo-Correa, F. L., Martínez-Borreguero, G., Pérez-Rodríguez, A. L., Suero-Lopez, M. I., & Pardo-Fernández, P. J. (2016). A new online tool to detect color misconceptions. *Color Research & Application*, 41(3), 325-329.
- OECD (2007). Program for International Student Assessment, PISA 2006. *Science competencies for tomorrow's world. Volume I: Analysis*. OECD Publishing.
- OECD. (2016a). *PISA 2015: Resultados Clave*. OECD Publishing.
- OECD. (2016b). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematics and Financial Literacy*. OECD Publishing.
- OECD. (2019). *PISA 2018: Insights and Interpretations*. OECD Publishing.
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079.
- Osborne, R. J., & Freyberg, P. (1985). *Learning in Science. The Implications of Children's Science*. Heinemann Educational Books, Inc.
- Palacios, S. L. (2007). El cine y la literatura de ciencia ficción como herramientas didácticas en la enseñanza de la física: una experiencia en el aula. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 106-122.
- Pekrun, R. (2006). The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational Psychology Review*, 18, 315-341.
- Perales, F. J. y Nievas, F. (1991). Ideas previas en óptica geométrica: un estudio descriptivo. *Revista Investigación en la Escuela*, 13, 77-84.
- Pérez, A. y de Pro, A. (2013). Estudio demoscópico de lo que sienten y piensan los niños y adolescentes sobre la enseñanza formal de las ciencias. 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* (pp. 495-520). DEPROFE.
- Pesa, M. A. y de Cudmani, L. C. (1998). ¿Qué ideas tienen los estudiantes respecto a la visión? *Revista Educación y pedagogía*, 10(21), 15-33.
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, 3, de 3 de enero de 2015. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/12/26/1105/con>
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walwerg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. European Commission Community Research.
- Sánchez-Martín, J., Gallego-Méndez, J., Hernández, M.A., & Cañada, F. (2019). Working on what students think about chemical reactions: a didactic intervention on prior ideas at primary school level. En E. J. Byker y A. Horton (Eds.), *Elementary Education. Global Perspectives Challenges and Issues of the 21st Century* (267-286). Nova Science Publishers, Inc.
- Sanders, M (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Sokoloff, D. R., & Thornton, R. K. (1997). Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment. *The Physics Teacher*, 35(6), 340-347.
- Sokoloff, D., & Thornton, R. (2004). *Interactive Lecture Demonstrations*. Wiley.
- Stein, S., & McRobbie, C. (1997). Students' conceptions of science across the years of schooling. *Research in Science Education*, 27(4), 611-628
- Tünnermann Bernheim, C. (2011). El constructivismo y el aprendizaje de los estudiantes. *Universidades*, 48, 21-32.
- Valanides, N., & Angeli, C. (2008). Distributed cognition in a sixth-grade classroom: An attempt to overcome alternative conceptions about light and color. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(3), 309-336.
- Vázquez, A., & Manassero, M.A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(3), 274-292.

- Vázquez, A., & Manassero, M.A. (2011). The decline of girls' and boys' attitudes toward science in compulsory education. *Ciência & Educação, 17*(2), 249-268.
- Viennot, L. (1974). Sens physique e raisonnement formel en dynamique élémentaire. *Bulletin de la Société Française de Physique Encant Pédagogique, 2*, 35-46.