



ACTIVIDADES EXPERIMENTALES CON FENÓMENOS ÓPTICOS PARA EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO EN PRIMARIA DESDE EL MARCO DE LA NEM

Claudia Carolina García Gaitán

Universidad Pedagógica Nacional Unidad 241, CICATA Legaria,

Instituto Politécnico Nacional

garcia.claudia@upnslp.edu.mx

Área temática: Educación en campos disciplinares

Línea temática: Educación en Ciencias Naturales

Tipo de ponencia: Reporte parciales o final de investigación



Resumen

El desarrollo del pensamiento científico es prioridad para la educación básica desde los fundamentos de la Nueva Escuela Mexicana (NEM), implica una formación integral y posiciona a la comunidad al centro del proceso de aprendizaje. El currículo en educación primaria en México, promueve que los estudiantes comprendan fenómenos físicos, entre los que se encuentran la luz y sus interacciones. La enseñanza de estos temas representa un desafío al que conlleva indagar en los efectos de propuestas didácticas que contribuyan a responder necesidades educativas actuales. El propósito de la ponencia es difundir los hallazgos sobre el desarrollo del pensamiento científico mediante el empleo de actividades experimentales en torno a fenómenos de reflexión y refracción de la luz en escuelas primarias de San Luis Potosí (SLP). El método correspondió una Investigación Basada en el Diseño (DBR), con enfoque cualitativo, realizada en tres ciclos interactivos: diseño preliminar de los experimentos, validación de los experimentos, y rediseño de los experimentos e implementación. Participaron 60 estudiantes de 8 a 10 años del nivel primaria en SLP; México. Para analizar los datos se usó el *software* ATLAS. ti. Los resultados aclararon las ventajas de la actividad experimental para promover el pensamiento científico en la infancia, el desarrollo de habilidades y actitudes hacia la ciencia, entre las que destaca el aprendizaje en colaboración. Finalmente, el contenido de esta ponencia demuestra la relevancia de considerar el contexto para la enseñanza de la ciencia y con ello, favorecer la comprensión de fenómenos naturales con perspectiva científica y enfoque comunitario.

Palabras clave: pensamiento científico, experimentación, enseñanza de las ciencias, educación primaria

Introducción

La Nueva Escuela Mexicana (NEM) como fines curriculares de desarrollo educativo en educación básica, considera al pensamiento científico, abarca la comprensión y explicación de los fenómenos de procesos naturales, desde una perspectiva de diversos saberes y su relación con lo social (SEP, 2022). El pensamiento científico para Dunbar y Klahr (2012), “implica procesos cognitivos como la inducción, la deducción, la analogía, la resolución de problemas y el razonamiento causal” (p. 2). Asimismo, conlleva la puesta en práctica de habilidades como: la indagación, la interpretación, el cuestionar, modelizar y formular argumentos (SEP, 2022; Chamizo, 2017). De acuerdo con la NEM, es importante promover una percepción orientada a la solución de situaciones problemáticas derivadas de posicionar a la comunidad como centro del proceso de aprendizaje.

Los niños, niñas y adolescentes (NNA) utilizan sus saberes previos para explicar eventos que ocurren en su comunidad; por supuesto, poseen, en comparación con un adulto, menor cantidad de conceptos (Harlen y Qualter, 2004). En este sentido, de acuerdo con Weissmann (2013) es necesario favorecer desde edades tempranas una formación científica escolar contribuyente al desarrollo de conocimientos, habilidades y actitudes que posibiliten utilizar los saberes comunitarios obtenidos mediante experiencias, para explicar y comprender los fenómenos naturales y físicos de su entorno (Harlen y Qualter, 2004). Por lo tanto, promover el pensamiento científico en los NNA requiere implementar la curiosidad para detonar una serie de cuestionamientos que motiven la indagación (Rodríguez et al., 2021).

Con base en el currículo mexicano, uno de los fenómenos físicos que se espera que los NNA comprendan en el nivel de primaria son la luz y sus interacciones. La enseñanza de estos temas representa un problema para los docentes, sobre todo, por la falta del dominio disciplinar, ya que, con base en el plan de estudio 2022 para las escuelas normales, consultado de la Dirección General de Educación Superior para el Magisterio (DGESuM), se priorizan cursos centrados en metodologías para la enseñanza de las Ciencias Naturales sin particularizar en contenidos científicos. Por su parte, Weissmann (2013) refiere que la ausencia de conocimiento disciplinar produce complejidad en la atención e identificación de dudas y errores conceptuales de los estudiantes.

Otra de las razones inmersas en el problema, respecto a la dificultad para la enseñanza de fenómenos físicos en el nivel de primaria, radica en una didáctica prevalente al uso de propuestas, caracterizadas en su mayoría, por la reproducción de la información, o bien, el uso exclusivo del libro de texto como recurso para la enseñanza. Las prioridades educativas de este nivel se concentran en la lectura, escritura y aritmética, esto influye en el aprendizaje de los estudiantes, porque resulta complejo explicar desde la perspectiva científica fenómenos y procesos naturales de su comunidad y el mundo. Prueba de ello, se observa en una de las evaluaciones en educación primaria, es la Olimpiada del Conocimiento Infantil (OCI), aplicada cada año a los alumnos de sexto grado. La finalidad de estas evaluaciones es valorar el logro de los aprendizajes adquiridos en las asignaturas de Español, Matemáticas, Historia, Ciencias

Naturales y Geografía durante los seis años de este nivel educativo. En el estado de San Luis Potosí, la Secretaría de Educación de Gobierno del Estado expuso los resultados de OCI 2022, año en el que se aplicó la prueba más reciente, estos señalan reactivos críticos, por un puntaje menor al 40% de respuestas correctas, aquellas preguntas que se relacionan con el uso de instrumentos ópticos: telescopio y microscopio; tipos de lentes: convergentes y divergentes.

Existe una contribución valiosa en la investigación en educación física (PER) respecto al aprendizaje basado en la indagación y las actividades de laboratorio. La tendencia de estos estudios es con estudiantes universitarios, en comparación con los de primaria, particularmente en México, se identifica una menor cantidad de investigaciones relacionadas con la enseñanza de los fenómenos ópticos. Diversos estudios señalan la importancia del recurso didáctico de la actividad experimental para favorecer el desarrollo del pensamiento científico desde la infancia y la generación de procesos de investigación en los que se practican: la observación, la formulación de preguntas, predicciones y la confrontación de ideas. Sin embargo, debido a una falta de dominio disciplinar en temas referentes a fenómenos físicos; una didáctica para la enseñanza de la ciencia caracterizada por estrategias poco significativas para los estudiantes de primaria; además de resultados desfavorables en temas relacionados con fenómenos físicos.

A partir de los resultados arrojados por la prueba OCI surgió el interés por analizar el uso de la actividad experimental para promover el desarrollo del pensamiento científico en el marco de las finalidades que persigue la NEM. Lo que llevó a plantear la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo se relaciona el uso de la actividad experimental sobre fenómenos de reflexión y refracción de la luz con el desarrollo del pensamiento científico en estudiantes de nivel primaria?

A partir de la anterior, el objetivo general de este estudio consiste en analizar en qué medida se favorece el desarrollo del pensamiento científico con el uso de la actividad experimental para el acercamiento a los fenómenos de reflexión y refracción de la luz, en escuelas primarias del estado de San Luis Potosí. El análisis de la investigación se planteó en función de: a) conocimientos científicos, b) habilidades, y c) actitudes hacia el estudio de la ciencia.

Desarrollo

Dunbar y Klahr (2012) caracterizan el pensamiento científico como una búsqueda a través de dos espacios relacionados: un espacio de hipótesis y un espacio de experimentación. La NEM lo define como un modo de razonamiento que implica relaciones lógicas de conocimientos fundados en el desarrollo de habilidades (SEP, 2022). Por lo que, el conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes relacionados con la ciencia adquieren significado cuando se utilizan para explicar fenómenos que ocurren en la comunidad, el medio ambiente y procesos naturales desde una perspectiva científica. En este sentido, es necesario crear las condiciones para la participación de los NNA en la construcción del conocimiento, a partir de sus saberes comunitarios; así como,

propiciar el intercambio y la colaboración para efectuar la naturaleza social del aprendizaje. Por ello, es importante brindar oportunidades a los NNA para desarrollar actividades en las que representen fenómenos a partir de la manipulación y modelaje. Entre estas actividades están los experimentos, los cuales persiguen diversas finalidades didácticas; por ejemplo: observar fenómenos, formular interrogantes, utilizar instrumentos, plantear hipótesis, medir, registrar y formular argumentos para obtener respuestas a preguntas significativas que posibilitan la transformación de hechos cotidianos en hechos científicos escolares (SEP, 2017).

La actividad experimental es una estrategia que contribuye a la comprensión de fenómenos, despierta la necesidad de explicar por qué ocurren los sucesos observados, lo que permite a los NNA construir el conocimiento científico escolar (Fumagalli, 2013). La experimentación en la enseñanza de las ciencias representa una oportunidad para la interacción con diversos eventos físicos y naturales; promueve el intercambio en el aula, además del desarrollo de habilidades y actitudes asociadas a la ciencia de manera dinámica y realista (Arce, 2002).

La actividad experimental favorece el desarrollo del pensamiento científico al generar procesos de indagación en los que se pone en práctica: la observación, formulación de preguntas, predicciones y confrontación de ideas, lo que permite la construcción de diversas perspectivas explicativas de los fenómenos estudiados (Amelines y Romero, 2017). Es una estrategia que posibilita incorporar información y desarrollar hábitos de pensar y razonar. En estas actividades, hay que propiciar espacios para socializar las predicciones e inferencias construidas, a partir de la experimentación adaptada a la vida cotidiana del alumno (Castro y Ramírez, 2013). La observación y el registro son elementales para despertar la curiosidad, promover la comprensión de los diversos fenómenos, las consecuencias de su alteración e impacto; además de formular soluciones a situaciones problemáticas de la comunidad (García y Moreno, 2020). La actividad experimental conlleva a estimular habilidades comunicativas y al desarrollo de actitudes de indagación que propician la construcción de nuevos significados para el aprendizaje de la ciencia (Porlán, 2018).

De acuerdo con Neira (2021), mediante la actividad experimental es posible el desarrollo del pensamiento crítico porque los NNA construyen aprendizajes a partir de su experiencia, no sólo al seguir un conjunto de pasos implicados en el procedimiento, sino por el producto de la interacción entre el experimento y la teoría. Realizar experimentos en el aula permite la construcción de diversas perspectivas explicativas de los fenómenos estudiados. Son una estrategia que incorpora información, desarrolla hábitos de pensamiento y razonamiento sobre la ciencia; contribuye a la comprensión de los fenómenos, despierta la necesidad de explicar por qué ocurren los hechos observados y permite a los NNA desarrollar el pensamiento científico.

Para los estudiantes del nivel de primaria, son importantes las analogías entre los fenómenos ópticos de reflexión y refracción de la luz con situaciones cotidianas, en función de promover la comprensión de los sucesos físicos que ocurren en su entorno, ya que son un recurso para practicar y comunicar ciencia (Taylor y Dewsbury, 2018). Despertar el interés desde edades

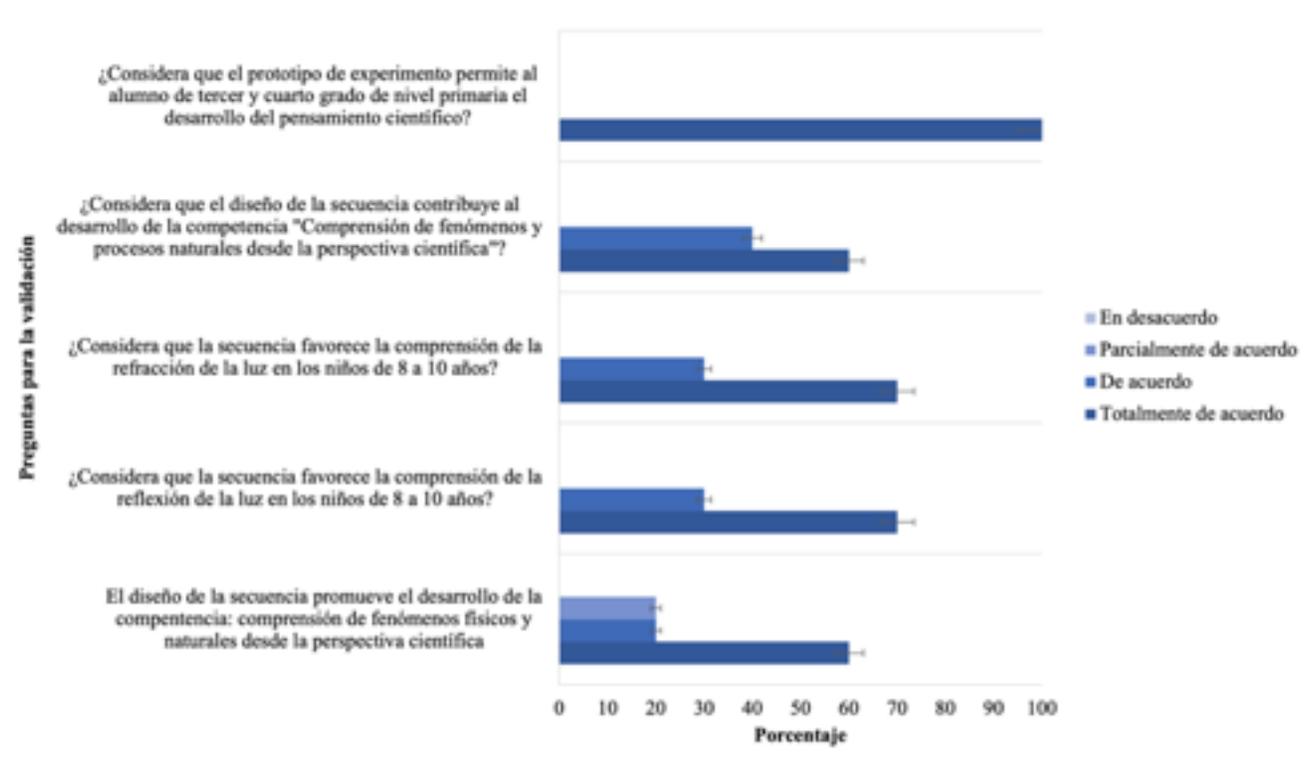
tempranas por el estudio de estos temas permitirá atender la propuesta curricular, potenciar el desarrollo del pensamiento científico. De acuerdo con Tonucci (2019), la infancia es el periodo más importante y conviene invertir en mejores experiencias de aprendizaje científico.

En este estudio, se analizó cómo se favorece el desarrollo del pensamiento científico con el uso de la actividad experimental para el acercamiento a los fenómenos de reflexión y refracción de la luz, en nivel primaria. La metodología utilizada fue desde el paradigma interpretativo, debido a la naturaleza holística que persigue el proceso de la investigación y la comprensión de la acción del sujeto. Corresponde al enfoque cualitativo al profundizar en los significados mediados por las interacciones entre personas, por medio de un proceso dinámico y en espiral. El método atiende a una investigación basada en el diseño (*Design Based Research* [DBR], por sus siglas en inglés), definida por Wanf y Hannafin (2005) como una metodología sistemática para mejorar las prácticas educativas; basada en el análisis, desarrollo e implementación interactiva, caracterizada por la colaboración entre investigador y participantes en una situación y contexto real. La DBR busca, a partir de la indagación, explicar los mecanismos y el impacto generado (Barab, 2014). El proceso del estudio se desarrolló en tres ciclos interactivos: a) diseño preliminar de los experimentos, b) validación de los experimentos, y c) rediseño de los experimentos e implementación.

Se realizaron los experimentos: “La luz rebota” y “La luz cambia de dirección” con 60 estudiantes que cursan tercer y cuarto grado en tres escuelas primarias públicas del estado de San Luis Potosí, México. Las edades de los NNA oscilan entre los 8 a 10 años, por lo tanto, en esta etapa los NNA comienzan a utilizar las operaciones mentales y la lógica para abordar problemas de manera más sistemática, han avanzado a las operaciones concretas, con un pensamiento menos centralizado y egocéntrico (Meece, 2000). En el primer ciclo interactivo de la investigación, el diseño de las actividades experimentales consideró situaciones de la vida cotidiana del contexto de los participante, por ejemplo la apariencia fragmentada de una cuchara al introducirla en una jarra con agua, las extremidades del cuerpo dentro de una alberca, el reflejo de nuestra imagen en un espejo o ventana de una casa.

La DBR engloba la interacción entre investigador y participantes (Philippakos et al., 2021), y requiere según Collins et al. (2004) de un trabajo coordinado. Debido a los fenómenos que se pretenden comprender: la reflexión y refracción de la luz, durante el desarrollo del segundo ciclo interactivo de la investigación participaron cinco especialistas en didáctica de la física y cuatro docentes del nivel primaria que contribuyeron a validar los experimentos. El proceso de validación se realizó por medio de una entrevista con el uso de un cuestionario semiestructurado y una escala estimativa. Los resultados se concentran en la Figura 1, estos señalan que la mayoría de los especialistas en didáctica de la física y los docentes de primaria estuvieron en acuerdo con el diseño de los experimentos.

Figura 1. Resultados de la validación del diseño



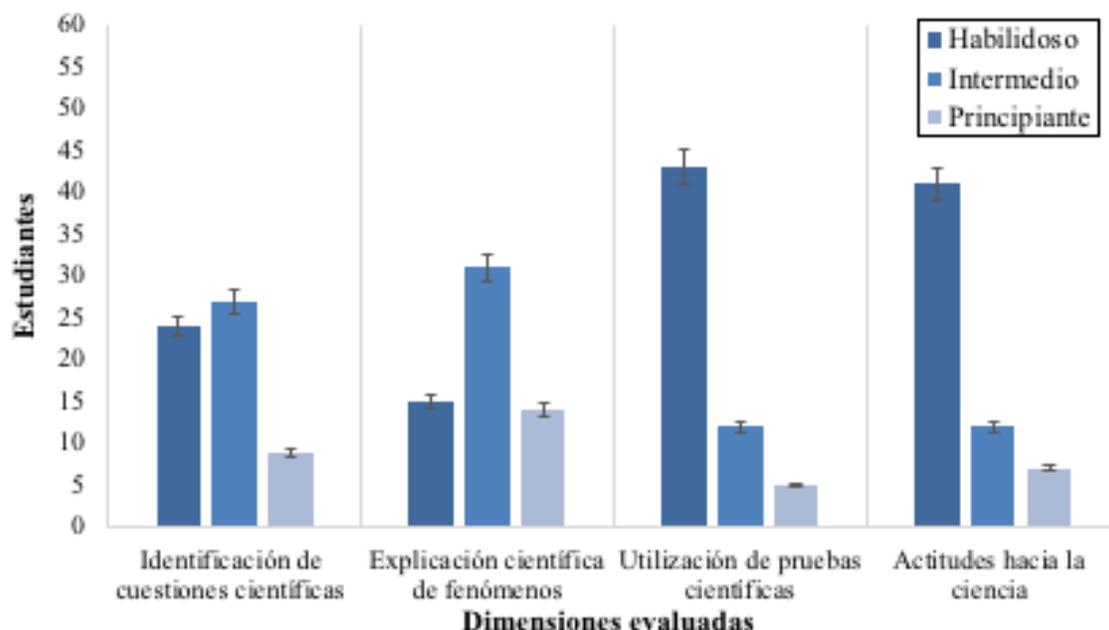
Nota: En esta figura se concentra el porcentaje de validación para el diseño de los experimentos sobre los fenómenos de reflexión y refracción de la luz. Elaboración propia.

A través de la entrevista que se realizó para el proceso de validación del diseño, con categorías identificadas según las respuestas obtenidas y las experiencias recuperadas (Rizo, 2020), se obtuvo que los docentes del nivel primaria consideran importante este recurso porque representa un apoyo a los estudiantes para la comprensión del tema, asimismo, les permite desarrollar habilidades. Además, los docentes reconocen que cuando lo ponen en práctica es divertido para los estudiantes de esta edad escolar y atribuyen que el principal desafío de realizar experimentos en el aula es la cantidad de materiales solicitados en el libro de texto e incluso determinan que el tiempo de uso es poco. Estos aspectos fueron considerados en el siguiente ciclo interactivo: el rediseño y la implementación.

En el tercer ciclo interactivo, se utilizó la observación durante la implementación del rediseño por medio de una ficha de observación y una rúbrica analítica con la que se evaluó la aplicación de los experimentos. En primero momento, los datos fueron analizados con el *software* ATLAS.ti (Versión 23), a través de un proceso sistemático de codificación, lo cual permitió indexar categorías en los datos (Gibbs, 2012). Se consideraron como códigos los elementos presentes en el pensamiento científico señalados por diversos autores (Cañas, et al., 2007; Romero y Bandera, 2020), entre los que se encuentran: identificación de cuestiones científicas, explicación

científica de fenómenos, utilización de pruebas científicas, y actitudes hacia la ciencia. Los resultados respecto al nivel de logro se muestran en la Figura 2.

Figura 2. Elementos favorecidos del pensamiento científico



Nota: Esta figura demuestra los resultados obtenidos en la rúbrica de evaluación por dimensión evaluada referente al pensamiento científico. Los niveles de logro utilizados fueron: habilitado, intermedio y principiante.

En la Figura 2 se observa que las dimensiones con mayor nivel de logro fueron: utilización de pruebas científicas y actitudes hacia la ciencia. En un segundo momento, los aspectos considerados para el diseño de la rúbrica se observan en la Tabla 1. Asimismo, se construyeron descriptores que muestran la progresión de logro, en los niveles denominados: principiante, intermedio y habilitado.

Tabla 1. Aspectos considerados en la rúbrica de evaluación

Dimensiones	Aspectos del pensamiento científico.
Conocimiento científicos	Uso de conocimientos previos y saberes comunitarios acerca del fenómeno físico.
	Selección de información para explicar el fenómeno físico.
	Solución de interrogantes.
Habilidades	Descripción del fenómeno observado.
	Plantea hipótesis individual y en colectivo.
	Explica el fenómeno con el uso del lenguaje científico.
	Experimenta con el fenómeno y manipula dispositivos.
	Registra observaciones a partir de la experimentación.
	Elabora argumentos.
	Comunica resultados.
Actitudes hacia la ciencia	Expresa curiosidad.
	Trabaja en colaboración.
	Muestra honestidad en los resultados.

Nota. En esta tabla se concentran los aspectos considerados en la rúbrica de evaluación, adaptado de “Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico” por Cañas et al. (2007).

Respecto a los conocimientos, en los resultados se identifica que los NNA utilizaron sus saberes previos para comprender los fenómenos de reflexión y refracción de la luz. En este sentido, una de las escuelas participantes se encuentra ubicada frente al cauce de un río, por lo tanto los NNA utilizaron estos saberes comunitarios para interpretar la reflexión de la luz, al observar árboles de la región en el agua. El conocimiento con menor nivel de logro alcanzado correspondió a la selección de información para explicar el fenómeno.

En el caso de las habilidades, con base en la rúbrica se identificó mayor nivel de logro en: experimenta con el fenómeno y manipula dispositivos; registra observaciones a partir de la experimentación y, descripción del fenómeno observado. En estos procesos se observan mayor cantidad de estudiantes con nivel habilidoso, incluso a través de dibujos comunican cómo ocurren: la reflexión y refracción de luz, sobre todo al describir de qué manera se comportan los rayos de luz en cada fenómeno óptico. Planear el registro durante la actividad experimental, permitió centrar la atención de los estudiantes en momentos cruciales de interacción con los fenómenos ópticos. La estrategia didáctica nombrada; diario de experimentos, representó un espacio organizado para las observaciones del trabajo en colaboración. Una de las consideraciones en el uso de esta herramienta es brindar tiempo para su elaboración y evitar

dejarla al final de la experimentación, ya que, como surge a la par de la interacción favorece la asimilación de nuevas informaciones.

Las actitudes con prevalencia positiva en el alumnado fueron: el trabajo en colaboración, a través de la interacción con los fenómenos ópticos y su relación con actividades cotidianas de la comunidad; además la curiosidad y el asombro. A partir de la interacción con la experimentación, los estudiantes mostraron la necesidad de expresar sus hipótesis y observaciones. Manifestaron interés por usar agua, luz, espejos y materiales cotidianos en los experimentos de óptica.

En este sentido, la actividad experimental contribuyó al desarrollo del pensamiento científico, debido a los espacios para explorar y descubrir, los estudiantes empearon sus experiencias cercanas para formular conjeturas e hipótesis respecto a los sucesos que ocurren en su entorno, por ello, es importante que se promuevan acercamientos para la interacción con los fenómenos físicos y naturales desde niveles educativos básicos y con mayor profusión y difusión de espacios para el desarrollo del pensamiento científico.

Conclusiones

Las actividades experimentales representan una oportunidad para desarrollar un trabajo integral e interdisciplinar, debido a que permitieron favorecer el pensamiento crítico, habilidades matemáticas, los procesos de escritura y lectura; así como la toma de acuerdos en función de una convivencia sana y pacífica, prioridades actuales de la educación desde la NEM. El uso de esta estrategia didáctica mantuvo una actitud de curiosidad permanente, la formulación y respuesta a interrogantes que contribuyó a socializar el aprendizaje. La interacción con el fenómeno se vio favorecida, en consecuencia, la mayoría de los estudiantes comprendieron qué sucede con la reflexión y refracción de la luz desde demostraciones en su comunidad. Asimismo, se extendió el pensamiento científico, al plantear hipótesis, registrar observaciones, resolver problemas, formular conclusiones y explicaciones sobre el fenómeno óptico.

Luego de analizar cualitativamente los resultados obtenidos en esta investigación, se cumplió con el objetivo de analizar en qué medida se favorece el desarrollo del pensamiento científico, con el uso de la actividad experimental, para el acercamiento a los fenómenos de reflexión y refracción de la luz, en primarias de San Luis Potosí. Al demostrar que el nivel de logro en el desarrollo de los aspectos evaluados se favoreció con la implementación de situaciones didácticas diseñadas con información del contexto, enfatizando el vínculo entre la física y los acontecimientos en la vida cotidiana. A partir de este estudio se reconocen cuatro momentos claves para el uso de experimentos en el nivel primaria: a) introducción al fenómeno, b) interacción con el fenómeno, c) indagación sobre el fenómeno, e d) interpretación científica del fenómeno.

Con las actividades experimentales, el alumnado se aproximó formalmente al estudio de la óptica desde la perspectiva de situaciones cotidianas, mostró mejor desempeño en la capacidad de

registro de observaciones y se favoreció su conocimiento matemático, en especial la medición de ángulos. La investigación concluyó con la identificación del contexto de enseñanza en temas relaciones con física como determinante para favorecer la reflexión de la observación en la construcción de explicaciones de lo que ocurre en el entorno y la construcción de significados a partir del pensamiento científico en los niños.

Finalmente, han surgido nuevos enfoques a raíz de los resultados obtenidos, será importante continuar con la investigación sobre los efectos del uso de la actividad experimental con fenómenos ópticos en la escuela primaria y reconocer la relevancia de acostumbrar a los estudiantes, desde los primeros niveles educativos, a la formulación de explicaciones sobre lo que sucede en su entorno desde una perspectiva científica y a utilizar la física como medio para una educación integral en atención a las finalidades que persigue la NEM.

Referencias

- Amelines, P. A. y Romero, A. E. (2017). La experimentación en el aula. Aportes de la naturaleza de las ciencias. En Romero, E. (ed.), *La experimentación en la clase de ciencias. Aportes para una enseñanza de las ciencias contextualizada con reflexiones metacientíficas* (pp. 15-30).
- Arce, U. (2002). El valor de la experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales. El taller de ciencias para niños de la sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica: una experiencia para compartir. *Revista Educación*, 26(1), 147-154. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44026112>
- Barab, S. (2014). Design-Based Research: A Methodological Toolkit for Engineering Change. In R. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences. Cambridge Handbooks in Psychology*, 151-170. doi:10.1017/CBO9781139519526.011
- Cañas, A., y Niedo, J. (2007). *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico*. Alianza Editorial Sa.
- Castro, S. y Ramírez, G. (2013). Enseñanza de las ciencias naturales para el desarrollo de competencias científicas. *Amazonia Investiga*, 2(3), 30-53. <https://amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/646>.
- Chamizo, J. A. (2017). *Habilidades de pensamiento científico*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_2
- Dunbar, K. N., & Klahr, D. (2012). Scientific thinking and reasoning. *The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning*, 701-718. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199734689.013.0035>

- Fumagalli, L. (2013). La enseñanza de las ciencias naturales en el nivel primario de educación formal. Argumentos a su favor. En *Didáctica de las Ciencias Naturales. Aportes y reflexiones*. En H. Weissmann (coord.) (1a ed.). (pp.15-35). Paidós.
- García, V. A. y Moreno, S. Y. (2020). La experimentación en las ciencias naturales y su importancia en la formación de los estudiantes de básica primaria. *Biografía*, 13(24). <https://doi.org/10.17227/biografia.vol.12.num24-10361>
- Gibbs, G. (2012). *El análisis de datos cualitativos en Investigación cualitativa*. EDICIONES MORATA, S.L.
- Harlen, W. & Qualter, A. (2004). *The Teaching of Science in Primary Schools* (1a ed.). David Fulton Pub.
- Meece, J. L. (2000). *Desarrollo del niño y el adolescente para educadores*. (1ª ed.). Mcgraw Hill.
- Neira, M. J. (2021). La experimentación en ciencias naturales como estrategia de alfabetización científica. *UCMaule*, (60), 102-116. <https://doi.org/10.29035/ucmaule.60.102>
- Philippakos, Z., A., Howell, E., y Pellegrino, A. (2021). *Design-Based Research in Education: Theory and Applications*. Guilford Publications.
- Porlán, A. (2018). Didáctica de las Ciencias con conciencia. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 36 (3), 5-22. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/343225>
- Rizo, F. M. (2020). *El nuevo oficio del investigador educativo. Una introducción metodológica*. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Rodríguez, M. A., Cáceres, R. M. y Franco, M. A. (2021). ¿Cómo hacemos crecer una planta? Una indagación con niños de 3 años de educación infantil. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 39(3), 231–253. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3345>
- Romero, N. D. y Banderó, E. (2020). Mejoras en el desarrollo de la competencia científica en estudiantes de primer año de secundaria en un liceo de Uruguay. *MLS Educational Research*, 4 (1), 22-40. <http://doi:10.29314/mlser.v4i1.247>
- SEP. (2011). *Programas de estudio 2011. Guía para el maestro. Primaria Cuarto grado*. México: SEP.
- SEP. (2017). *Aprendizajes Clave para la educación integral*. México: SEP.
- SEP. (2022). *Plan de estudios de la educación básica 2022*. México: SEP.
- Taylor, C. & Dewsbury, B. (2018). On the Problem and Promise of Metaphor Use in Science and Science Communication. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 19(1). <https://doi.org/10.1128/jmbe.v19i1.1538>
- Tonucci, F. (2019). *Perché le bambine e i bambini?* [¿Por qué la infancia?]. Zeroseiup.
- Wanf, F. & Hannafin, M.J. (2005) Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research & Development*, 53, 5-23. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02504682>
- Weissmann, H. (Ed). (2013). *Didáctica de las ciencias naturales. Aportes y reflexiones* (1a ed.). Paidós.