

RECIBIDO EL 11 DE SEPTIEMBRE DE 2021 - ACEPTADO EL 12 DE OCTUBRE DE 2021

# RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS Y PROGRESO ACADÉMICO EN LA EDUCACIÓN MEDIA

## PROBLEM SOLVING IN SCIENCE LEARNING AND ACADEMIC PROGRESS IN HIGH SCHOOL

Cesar Augusto Hernández Suarez <sup>1</sup>

Luisa Stella Paz Montes<sup>2</sup>

William Rodrigo Avendaño Castro<sup>3</sup>

### RESUMEN

El objetivo del trabajo es analizar el desarrollo de las habilidades de resolución de problemas de los estudiantes en un curso de física. El método empleado es cuantitativo con diseño experimental a nivel cuasiexperimental pretest-postest con un solo grupo, para lo cual se utilizó una intervención metodológica intervención didáctica basada en la competencia de resolución de problemas, que se centró en la identificación de errores y dificultades por parte de los propios estudiantes, lo que permitió analizar el aprendizaje y el desarrollo

<sup>1</sup> Magister en Educación Matemáticas. Facultad de Educación, Artes y Humanidades, Universidad Francisco de Paula Santander. E-mail: [cesaraugusto@ufps.edu.co](mailto:cesaraugusto@ufps.edu.co). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7974-5560>

<sup>2</sup> Doctor en Educación, Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Francisco de Paula Santander. E-mail: [luisastellapm@ufps.edu.co](mailto:luisastellapm@ufps.edu.co). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8887-3441>

<sup>3</sup> Doctor en Ciencias Sociales y Humanas. Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Francisco de Paula Santander. E-mail: [williamavendano@ufps.edu.co](mailto:williamavendano@ufps.edu.co). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7510-8222>

de la habilidad de resolver problemas en física, a través del progreso académico de los estudiantes. Se concluye que la intervención apoyada en la resolución de problemas mejora el rendimiento de los estudiantes, además de la valoración positiva que hacen del proceso, así como su influencia en el cambio en la práctica pedagógica del docente.

**PALABRAS CLAVE:** resolución de problemas, enseñanza de las ciencias, progreso académico, educación media

### ABSTRACT

The objective of the work is to analyze the development of problem-solving skills of students in a physics course. The method used is quantitative with an experimental design at a quasi-experimental pretest-posttest level

with a single group, for which a methodological intervention was used, a didactic intervention based on problem-solving competence, which focused on the identification of errors and difficulties by the students. of the students themselves, which allowed to analyze the learning and development of the ability to solve problems in physics, through the academic progress of the students. It is concluded that the intervention supported by problem solving improves the performance of the students, in addition to the positive assessment they make of the process, as well as its influence on the change in the pedagogical practice of the teacher.

**KEYWORDS:** Problem solving, science education, academic progress, high school education

## INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias, se ha asociado a la adquisición de conocimientos con énfasis en la resolución de problemas, como actividad que acerca a los estudiantes a la metodología y al aprendizaje significativo de la ciencia (Rivera Porras, Carrillo Sierra, Silva Monsalve & Galvis Velandia, 2019). Sin embargo, la resolución de problemas es quizás una de las fuentes de fracaso en la enseñanza de la física, lo que requiere un cuidadoso análisis de esta actividad didáctica (Jaimes-Ojeda, 2017). El proceso de enseñanza en torno a la resolución de problemas se articula según el proceso de cuatro fases propuesto por Polya (1965) las cuales son: comprender el problema, idear un plan, ejecutar el plan y examinar la solución obtenida. Según lo anterior, hay estudios que evidencian las dificultades que tienen los estudiantes para resolver problemas correctamente en disciplinas como las matemáticas y las ciencias (Peñalosa & Meneses, 2019; Fonseca et al., 2019; Ríos et al., 2016; Ballesteros, 2015).

Los docentes dentro de su práctica pedagógica

construyen sus propias estrategias de resolución de problemas, pero en muchas ocasiones no funcionan con los estudiantes debido especialmente a problemas metodológicos y conceptuales (Hinojosa & Sanmartí, 2016). Por lo que la importancia de este estudio radica en plantear una estrategia que promueve y ayuda a los estudiantes de educación media a mejorar sus estrategias para resolver problemas de física. La educación científica debe tener como objetivo que los estudiantes sean capaces de resolver problemas para desarrollar competencias metacognitivas, pero en el caso de la física se reduce a una enseñanza tradicional en la que no se resuelven problemas, sino que se muestran soluciones ya hechas que no permiten el desarrollo de estas competencias y que transmiten deficiencias actitudinales y metodológicas que dificultan el tener éxito ante nuevos problemas (Becerra et al., 2005).

La estrategia se basa en los pasos propuestos por Hinojosa & Sanmartí (2016) y que se fundamenta metodológicamente en lo planteado por Polya (1965): leer comprensivamente (leer en silencio y con atención), representar el problema situando los datos (mediante un diagrama, un dibujo o un listado), identificar el proceso que tiene lugar (pensar con qué tipología de problemas de física se relaciona), planificar la resolución seleccionando las leyes que gobiernan el proceso (plantear ecuaciones mediante las leyes, una ecuación por incógnita), formular una anticipación de la solución, aunque sea cualitativa de lo que sucederá, resolver las ecuaciones, analizar lógicamente la solución para detectar posibles errores o incoherencias en la aplicación de los conceptos físicos en la planificación y finalmente expresar la solución con claridad indicando las unidades correspondientes mediante la escritura de una frase que incluya la solución.

## LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y ERRORES.

La resolución de problemas constituye uno de los principales ejes del aprendizaje en disciplinas como las matemáticas y las ciencias, lo que permite comprobar en el aula las dificultades que encuentran los estudiantes cuando van a resolverlo. Por otro lado, resolver un problema, sin hacer énfasis en la vinculación y aplicación a contextos reales y conocidos por los estudiantes, crean obstáculos en forma de errores, que son esquemas cognitivos inadecuados (Socas, 1997). Además, la resolución de problemas se aborda en la enseñanza de las ciencias a través de diversas tareas, pero estas suelen tener varios puntos de contacto a través de relaciones interdisciplinarias que se manifiestan actualmente en la enseñanza de las matemáticas, la física y las ciencias en general (Ordóñez & Valdivia, 2015).

Para el profesor, los errores son fundamentales para que los estudiantes aprendan, pero si solo se consideran como la ineptitud que muestra un estudiante, lo pueden conducir al fracaso escolar reflejado en el bajo rendimiento académico, altos índices de repitencia y abandono escolar, entre otros (Díaz et al., 2019). El profesor debe reconocer que hay estudiantes más competentes que otros para examinar los obstáculos que deben superar al resolver un problema y evitar la repetición y la mecanización (Arboledas, 2020). Por lo tanto, el error no debe ser visto como una deficiencia, sino como una oportunidad para que el estudiante supere cada situación que se presente (resolver problemas) tanto en lo académico como en su vida, de manera que el aprendizaje sea un proceso de autorregulación de tipo metacognitivo (Schoenfeld, 1987).

Por otro lado, el proceso de evaluación condiciona lo que los estudiantes aprenden y cómo lo hacen, sin embargo, los profesores olvidan que este proceso es secuencial y que deben identificar los errores y sistematizarlos en

lugar de buscar la mejor forma de explicarlos. El objetivo de la evaluación es que los estudiantes identifiquen su propia forma de pensar y diferenciarla de lo que se les propone, superando así los obstáculos que encuentre en el proceso de comprender. La finalidad de la evaluación para el aprendizaje debe consistir en proponer estrategias para identificar los errores y superarlos desde la perspectiva del estudiante, ya que sus dificultades provienen de cómo perciben el conocimiento y cómo lo expresan a través del habla y la escritura (Guerrero et al., 2013).

Finalmente, de acuerdo con lo anterior, desde el marco de la implementación de intervención didáctica basada en la resolución de problemas, centrada en la identificación de errores y dificultades por parte del mismo estudiante por lo que el objetivo de esta experiencia es analizar el desarrollo de las habilidades de resolución de problemas de los estudiantes en un curso de física de educación media, mediante un diseño cuasiexperimental a través de la aplicación de un pretest - postest, para analizar como favorece el aprendizaje y el desarrollo de la habilidad de resolver problemas en física, a través del progreso académico de los estudiantes

## MÉTODO

### TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo de tipo experimental, ya que consistió en someter a un grupo de estudiantes a una intervención didáctica (tratamiento) apoyada en la habilidad de resolución de problemas (variable independiente), para observar los efectos en el desarrollo de esta habilidad (variable dependiente).

### DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño es cuasiexperimental, ya que los estudiantes no son asignados aleatoriamente a los grupos, sino que los grupos ya estaban

constituidos antes del experimento (intacto) (Manterola & Otzen, 2015). Específicamente, se empleó un diseño preexperimental de un solo grupo con medidas pretest – posttest: Y1 X Y2. El diseño consta de un solo grupo (Y) sobre

el que se ha realizado una observación antes (Y1: Prueba diagnóstica) y otra después (Y2: Prueba final) de la intervención (X: metodología de resolución de problemas) (Hernández et al., 2010) (Ver Tabla 1).

**Tabla 1.** Diseño preexperimental.

Grupo	Aplicación del pretest (medición inicial)	Aplicación del estímulo o tratamiento	Aplicación del posttest (medición final)
1	Y1: Evaluación diagnóstica (Prueba sobre resolución de problemas en física)	X: Intervención (Estrategia metodológica para la resolución de problemas en física)	Y2: Evaluación final (la misma evaluación diagnóstica)

## VARIABLES.

Para la definición de las variables, la variable independiente es la intervención metodológica del profesor basada en una estrategia de resolución de problemas en física, y la variable dependiente es el valor obtenido por el estudiante que mide su habilidad de resolución de problemas en física.

## MUESTRA

La población a la que se orienta el estudio es finita; además, la muestra y el tipo de muestreo utilizado es no probabilístico, ya que la elección de los elementos depende de las características del estudio, que fue determinado intencionalmente por los investigadores. El estudio se llevó a cabo en un aula de grado 11 de educación media, compuesta por 32 estudiantes que cursan física, 20 de género masculino y 12 del femenino, de edades comprendidas entre los 16 y los 17 años, en una institución educativa pública de Norte de Santander, Colombia.

## TÉCNICAS Y MATERIALES PARA LA RECOGIDA DE DATOS

Se aplicó una prueba en el pretest y uno equivalente en el posttest; el pretest permitió diagnosticar conocimientos previos de los estudiantes, lo que proporcionó un punto de

partida de referencia en cuanto al nivel de conocimientos y capacidad de los estudiantes.

## DISEÑO Y APLICACIÓN DE LA PRUEBA DIAGNÓSTICA (PRETEST)

El punto de partida fue el nivel de habilidad para resolver problemas de física; Para ello se diseñó una evaluación con 10 ejercicios para determinar los conocimientos previos de los estudiantes. El tema sobre los que se fundamentó los ejercicios está relacionado con conceptos de cinemática. Las puntuaciones se ajustaron a la escala del sistema de evaluación de la institución educativa: de 1.0-6.9 desempeño bajo, de 7.0-8.4 desempeño básico, de 8.5-9.5 desempeño alto y 9.6-10 desempeño superior. Para obtener la puntuación final de la prueba se da el mismo valor a cada pregunta, es decir un 1.0, para obtener 10.0 al sumar las 10 respuestas de la prueba.

## IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA

Para que los estudiantes identifiquen sus dificultades al resolver un problema y para que el profesor comprenda las estrategias que aplican, se utilizó un formulario de autoevaluación (Tabla 1), propuesto por Hinojosa & Sanmartí (2016); cada estudiante lo rellena para cada problema ( $P_i$ ), poniendo un valor de 1 en las casillas en las

que ha encontrado dificultades y luego lo analiza con el profesor para indicar las posibles causas y consejos para que el estudiante reflexione.

**Tabla 2.** Formulario de autoevaluación del estudiante.

		$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_i$	Total	Comentarios sobre las dificultades del estudiante
Entendiéndolo	Problemas de lectura						
	Identificar el proceso a aplicar						
Planificación	Planificar la solución						
Resolución	Identificar las unidades a utilizar						
	Procesos matemáticos y cálculos que se utilizarán						
Análisis	Análisis de los resultados						
	Explicar el análisis						
Formalismo	Errores no forzados (falta de atención) Entiendo el concepto pero no sé cómo escribirlo matemáticamente						
La nota que obtuviste:							
La nota que esperabas:							

## RESULTADOS

En la Tabla 3 se presentan los estadísticos del pretest y posttest.

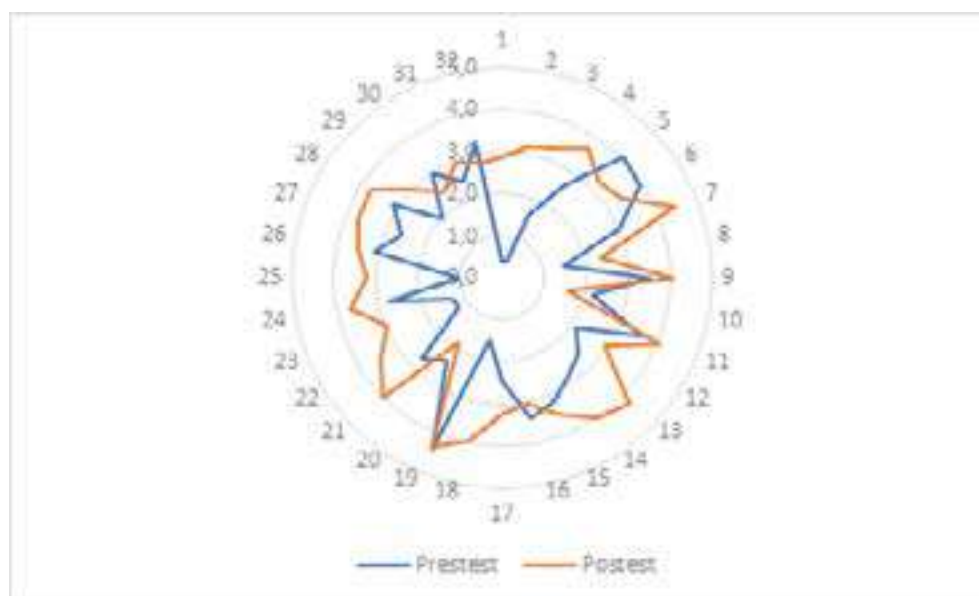
**Tabla 3.** Pretest y posttest estadísticas.

Estadístico	Pretest	Posttest
Media	2.5	3.4
Error típico	0.2	0.1
Mediana	2.6	3.4
Moda	0.4	3.0
Desviación estándar	1.0	0.7
Varianza de la muestra	1.0	0.5
Curtosis	-0.2	0.6
Coefficiente de asimetría	-0.4	-0.7
Rango	4.0	2.9
Mínimo	0.4	1.6
Máximo	4.4	4.5
Suma	79.9	103.9
Cuenta	32.0	31.0
Nivel de confianza (95,0%)	0.4	0.2

La Tabla 3 muestra las estadísticas del pretest y del postest. La media del postest mejora en 0,9 en comparación con respecto al pretest, situándose en 3.4. La desviación estándar muestra que las puntuaciones de los estudiantes son menos dispersas en la postest (0.7), lo que indica una menor variación en las puntuaciones obtenidas tras la autoevaluación derivada de la intervención didáctica, lo que evidencia que la estrategia no mejora significativamente la habilidad para resolver problemas, pero sí

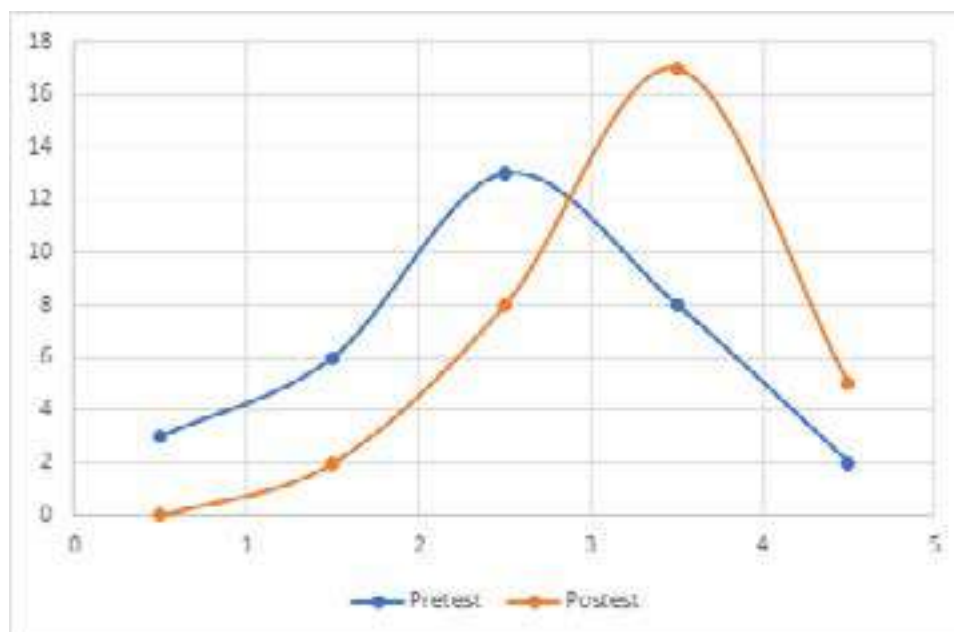
muestra que el desarrollo de esta habilidad es ligeramente igual para todos los estudiantes.

La figura 1 presenta las puntuaciones numéricas comparadas entre el pretest (azul) y el postest (naranja) después de aplicar la autoevaluación derivada de la intervención. La información presentada en la Figura 1 corrobora los resultados obtenidos en la Tabla 3, que verifican que las puntuaciones de los estudiantes son mejores en el postest.



**Figura 1.** Comparación entre las puntuaciones del pre-test y del post-test.

Por otro lado, la figura 2 muestra las curvas normales de las puntuaciones del pretest y del postest. Se observa que hay una mejora en 12 estudiantes con notas inferiores a 3.0 en el pretest, lo que puede indicar que los estudiantes con puntuaciones superiores al aprobado son capaces de autoevaluarse cuando resuelven un problema. Pero esta mejora no es sustancial, lo que indica que, aunque muchos de ellos han mejorado sus resultados, no tienen el suficiente nivel a la hora de resolver problemas, por lo que es necesario seguir aplicando y mejorando la intervención propuesta.



**Figura 2.** Comparación de las curvas normales del pretest and posttest.

## DISCUSIÓN

La aplicación de la estrategia de resolución de problemas ha permitido que los estudiantes lean detenidamente el problema y luego busquen una representación esquemática (dibujo) cada vez que vayan a resolverlo, y a partir de aquí formulen preguntas de autoevaluación y luego discutan las respuestas, antes de continuar con la solución. De este modo se anima a los estudiantes a establecer la conexión entre el problema que se resuelve y sus conocimientos previos; así, pueden organizar su aprendizaje y mejorarlo. De este modo, la resolución de problemas se convierte en una estrategia metacognitiva (Lavado-Rojas, 2019).

Otro efecto que merece atención es el aspecto motivacional del estudiante, especialmente para aquellos con más dificultades, ya que se dan cuenta de que con la estrategia pueden mejorar sus resultados y que esto es una causa de éxito (Mina & Caicedo, 2019). Asimismo, las dificultades identificadas por los estudiantes pueden ser superadas, a veces de forma individual, para resolver problemas con diferentes enfoques que activen la motivación, la flexibilidad

y la creatividad (Pérez & Carballosa, 2018) y en ocasiones con la ayuda de los compañeros y del propio profesor, de manera que la metodología implementada se convierte en una resolución de problemas colaborativa, muy eficaz para el aprendizaje de la física (Sánchez et al., 2020). Si el estudiante percibe las dificultades como abordables, no se desanima y se motiva.

Finalmente, los resultados de la implementación de la estrategia han cambiado la práctica pedagógica del docente, ya que este debe revisar la solución planteada a cada problema por cada estudiante para así ayudarlo a realizar este ejercicio metacognitivo (Lavado-Rojas et al., 2019), por lo que le permite acercarse a una visión más contextualizada de la ciencia (Veloza & Hernández, 2018). Además, otra de las aportaciones de este estudio es la interpretación que hacen los estudiantes utilizando estrategias complementarias, por ejemplo, los mapas conceptuales, que permiten representar gráficamente la resolución de problemas de física escolar realizados por los estudiantes, cuyos resultados se presentarán en otro informe (Hernández-Suárez et al., 2020).

## CONCLUSIONES

Los resultados del pretest y del postest muestran una ligera mejora en las puntuaciones de los estudiantes, además de la valoración positiva que hacen del proceso, pero lo importante es que, mediante la aplicación de la estrategia de resolución de problemas, los estudiantes pueden identificar los argumentos necesarios en un problema en el que identifican sus dificultades y obstáculos a superar y así saber cuál es su nivel de asimilación de los contenidos y competencias. El mismo análisis también le permite al profesor reconocer el proceso de enseñanza aplicado y así mejorar su práctica pedagógica, pues debe proponer situaciones interesantes para enseñar a resolver problemas que impliquen el uso del pensamiento científico y dejar de lado la práctica tradicional de resolver ejercicios que los estudiantes deben memorizar y luego reproducir. Hay variaciones que no son captadas por el análisis descriptivo, por lo que es necesario combinarlo con formas cualitativas de análisis. A partir de lo anterior, es necesario continuar este estudio caracterizando los procesos de razonamiento científico, registrar y analizar las percepciones de estudiantes y profesores, y destacar las diferencias en sus análisis.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arboledas, L. E., Hernández-Suárez, C. A., & Paz-Montes, L. S. (2020). Evolution of the algebraic error in the evaluation processes mathematics and physics in engineering students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1645(012016), 1-6.
- Ballesteros, J. G. (2015). Aplicación de la estrategia de resolución de problemas en la enseñanza de física, química y matemáticas en la USTA. *Hallazgos*, 7(14). 129-148.
- Becerra, C. B., Gras-Martí, A., & Martínez-Torregrosa, J. (2005) ¿De verdad se enseña a resolver problemas en el primer curso de física universitaria? la resolución de problemas de "lápiz y papel" en cuestión. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 27(2), 299-308.
- Díaz, A., Hernández, C. A., & Paz, L. S. (2019). Errors and difficulties in solving algebraic procedures in secondary school students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1408(012010), 1-7.
- Fonseca, S., Jiménez, C., & Patarroyo, M. (2019). Estrategias para resolver problemas matemáticos con ideas de Pólya, en grado quinto. *Educación y Ciencia*, 22(1), 427-456.
- Guerrero, J. I., Castillo, E. J. S., Chamorro, H. G., & Isaza, G. (2013), El error como oportunidad de aprendizaje desde la diversidad en las prácticas evaluativas. *Plumilla Educativa*, 12(2), 361-381.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill.
- Hernández-Suárez, C. A., Prada-Nuñez, R., & Gamboa-Suárez, A. A. (2020). Using concept maps to understand mechanical physics concepts in high school students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1672(012019), 1-6.
- Hinojosa, J., & Sanmartí, N. (2016). Promoviendo la autorregulación en la resolución de problemas de física. *Ciência & Educação*, 22(1), 7-22.
- Jaimes-Ojeda, L. (2017). Propuesta metodológica para la enseñanza de la química en la Educación Media apoyada en el aprendizaje basado en problemas



- (APB). *Revista Perspectivas*, 2(2), 6–16. <https://doi.org/10.22463/25909215.1310>
- Lavado-Rojas, B.M., Zárate-Aliaga, E. C., & Pomahuacre-Gómez, W. (2019). Estrategias de aprendizaje y rendimiento académico en estudiantes de lenguas extranjeras. *Investigación y Postgrado*, 33(2), 229-248.
- Manterola, C., & Otze, T. (2015). Estudios experimentales 2 parte: estudios cuasi-experimentales. *International Journal of Morphology*, 33(1), 382-387.
- Mina, P. A., & Caicedo, H. (2019). La motivación y su uso en la resolución de problemas. *Revista Boletín Redipe*, 8(8), 95-100.
- Ordóñez, C. E., & Valdivia, M. Á. (2015). Resolución de problemas de Física empleando conceptos y procedimientos del análisis matemático. *Atenas*, 2(30), 78-91.
- Peñaloza, D. Y., & Meneses, M. L. (2019). Método de Pólya como estrategia pedagógica para fortalecer la competencia resolución de problemas matemáticos con operaciones básicas. *Zona Próxima*, (31), 8-25.
- Pérez, F. J., & Carballosa, A. M. (2018). Solución de problemas complejos en las ciencias naturales de la educación básica. *Conrado*, 14(64), 133-138.
- Polya. G. (1965). *Cómo Plantear y Resolver Problemas*. Trillas.
- Ríos, V., Lavilla, W., Humpire, J., Mollinedo, R., & Farfán, M. (2016). Influencia del método experimental, polya en la enseñanza de la física, trigonometría en quinto año de educación secundaria. *Ceprosimad*, 4(1), 33-45.
- Rivera Porras, D., Carrillo Sierra, S. M., Silva Monsalve, G., & Galvis Velandia, L. N. (2019). Conocimiento y práctica pedagógica de los docentes en escolares con inatención, hiperactividad e impulsividad. *Revista Perspectivas*, 4(1), 66–76. <https://doi.org/10.22463/25909215.1764>
- Sánchez, I. R., Herrera, E. C., & Rodríguez, C. E. (2020). Eficacia de resolución colaborativa de problemas en el desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas y en el rendimiento académico en física. *Formación Universitaria*, 13(6), 191-204.
- Schoenfeld, A. (1987). *What's all the fuss about metacognition? Cognitive Science and Mathematics Education*. Erlbaum.
- Socas, M. (1997). *Dificultades, obstáculos y errores en el aprendizaje de las matemáticas en la educación secundaria La Educación Matemática en la Secundaria*. Horsori.
- Veloza, R. A., & Hernández, C. A. (2018). Valoración de las estrategias adoptadas por docentes en la enseñanza de la ciencia desde la perspectiva de los estudiantes de educación básica. *ÁNFORA*, 25(45), 43-69.