

Visibilización del Pensamiento en el proceso de Enseñanza y Aprendizaje de Física en Enseñanza Secundaria

Carmen Nieto Gutiérrez – Universidad de Valladolid

 0009-0006-0328-6499

Recepción: 20.09.2025 | Aceptado: 11.10.2025

Correspondencia a través de **ORCID**: Carmen Nieto

 0009-0006-0328-6499

Citar: Nieto Gutiérrez, C (2025). Visibilización del Pensamiento en el proceso de Enseñanza y Aprendizaje de Física en Enseñanza Secundaria. *REIDOCREA*, 14(35), 516-530.

Estudio derivado de una tesis doctoral del Programa de Doctorado en Investigación Transdisciplinar en Educación de la Universidad de Valladolid

Área o categoría del conocimiento: Ciencias de la Educación

Resumen: Esta investigación tiene como propósito evaluar la influencia de las metodologías activas, específicamente la estrategia de visibilización del pensamiento, en el aprendizaje de las ciencias. El objetivo principal fue analizar la relación entre la aplicación de rutinas de pensamiento y el rendimiento académico del alumnado, con un enfoque particular en la asignatura de Física en educación secundaria. Se llevó a cabo un estudio exploratorio con diseño cuasiexperimental, orientado a examinar el uso de estas herramientas y su impacto en los resultados académicos. Los hallazgos evidencian una correlación positiva entre los niveles de logro conseguidos en las rutinas de pensamiento y las calificaciones obtenidas en las pruebas de evaluación, lo que sugiere una mejora significativa en el rendimiento en el aula.

Palabra clave: Pensamiento visible

Making Thinking Visible in the Teaching and Learning Process of Physics in Secondary Education

Abstract: This research aims to evaluate the influence of active methodologies, specifically the strategy of making thinking visible, on science learning. The main objective was to analyze the relationship between the implementation of thinking routines and students' academic performance, with a particular focus on Physics in secondary education. An exploratory study with a quasi-experimental design was conducted to examine the use of these tools and their impact on academic outcomes. The findings reveal a positive correlation between the level of mastery of thinking routines and the grades obtained in assessment tests, suggesting a significant improvement in classroom performance.

Keyword: Visible thinking

Introducción

El pensamiento visible en educación está cobrando cada vez más importancia, un estudio (Torres et al., 2025) que realiza una visión crítica de este enfoque afirma que su metodología está transformando la enseñanza en el siglo XXI. En contraposición con las metodologías más tradicionales donde no se estimula a los estudiantes a pensar de manera crítica y reflexiva, y donde existe un escaso desarrollo de habilidades cognitivas superiores, esta nueva metodología incluye el uso de estrategias como la comparación, el análisis, la inferencia y la síntesis que implican la activación de forma natural de procesos cognitivos y que junto con la planificación y el control favorecen las estrategias metacognitivas, con el fin de mejorar la calidad del aprendizaje (Quiroz Carrión, 2023).

Este estudio se centra en desarrollar el Pensamiento Visible en el área de ciencias puesto que cada vez son menos los jóvenes matriculados en grados universitarios relacionados con las disciplinas STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), en particular en ingeniería, arquitectura y ciencias experimentales, lo cual sugiere un decreciente interés de los jóvenes por estas áreas del conocimiento (Maeso et al., 2022), que viene dado sin duda por la identificación de una dificultad inherente en las asignaturas de ciencias, especialmente en física, percibida por los alumnos como una asignatura poco accesible y desconectada de su realidad cotidiana

(Elizondo, 2013), dándose en el proceso de enseñanza-aprendizaje un supuesto de homogeneidad en los niveles de comprensión y en la asimilación de conocimientos previos lo que dificulta el aprendizaje individual.

El objetivo del estudio no solo es disminuir el desinterés o rechazo hacia estas disciplinas, sino también fomentar una comprensión más profunda y significativa de los conceptos científicos, promoviendo su valoración como herramientas fundamentales para el desarrollo personal y el progreso de la sociedad. Con el fin de lograrlo, se implementará el enfoque de pensamiento visible, que busca hacer explícitos los procesos de razonamiento de los estudiantes. En la asignatura de Física, concretamente en el tema de ondas, se utilizarán rutinas de pensamiento que permitan a los estudiantes no solo reconocer las características y propiedades de las ondas, sino también comprender y analizar su presencia en fenómenos cotidianos y tecnológicos, desarrollando así una visión crítica y aplicada del conocimiento.

El pensamiento visible

El Pensamiento Visible constituye un enfoque educativo sistemático, flexible y respaldado por evidencia empírica, orientado a integrar el desarrollo de habilidades cognitivas en los estudiantes mediante la explicitación de sus procesos mentales. Este modelo, desarrollado por el Proyecto Zero de la Universidad de Harvard, promueve la construcción de una cultura de pensamiento en el aula, en la que dimensiones como las expectativas, el lenguaje, la gestión del tiempo, los modelos, las oportunidades, las rutinas, las interacciones y el entorno funcionan como fuerzas culturales que guían y fortalecen el aprendizaje significativo (Suliman, 2024). Estas fuerzas representan fundamentos esenciales y se articulan en torno a ocho capacidades clave que posibilitan dicha transformación (Ritchhart, 2015), según se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1.
Dimensiones clave para el rol del docente como mediador pedagógico.

Dimensión	Descripción
Expectativas	la coincidencia de expectativas entre docentes y estudiantes genera una atmósfera positiva; retos y errores se asumen como oportunidades de aprendizaje.
Lenguaje	el lenguaje estructura la experiencia. a través de él, el docente orienta, destaca ideas clave e informa en el contexto del aprendizaje.
Tiempo	el uso adecuado del tiempo permite que los estudiantes piensen y reflexionen, promoviendo un aprendizaje más profundo y significativo.
Modelos	el docente actúa como modelo. su entusiasmo y autenticidad influyen en la percepción y motivación del alumnado.
Oportunidades	crear oportunidades que desafíen preconceptos erróneos permite a los estudiantes revisar y clarificar sus ideas.
Rutinas	establecer rutinas facilita que los estudiantes se apropien de estructuras y herramientas útiles para su aprendizaje autónomo.
Interacciones	escuchar activamente y formular preguntas fomenta el respeto y el pensamiento crítico en una colaboración significativa.
Ambiente	un ambiente de respeto y confianza posibilita la discusión abierta y el intercambio de ideas entre estudiantes.

Nota: adaptado de creating culture of thinking, richhart (2015)

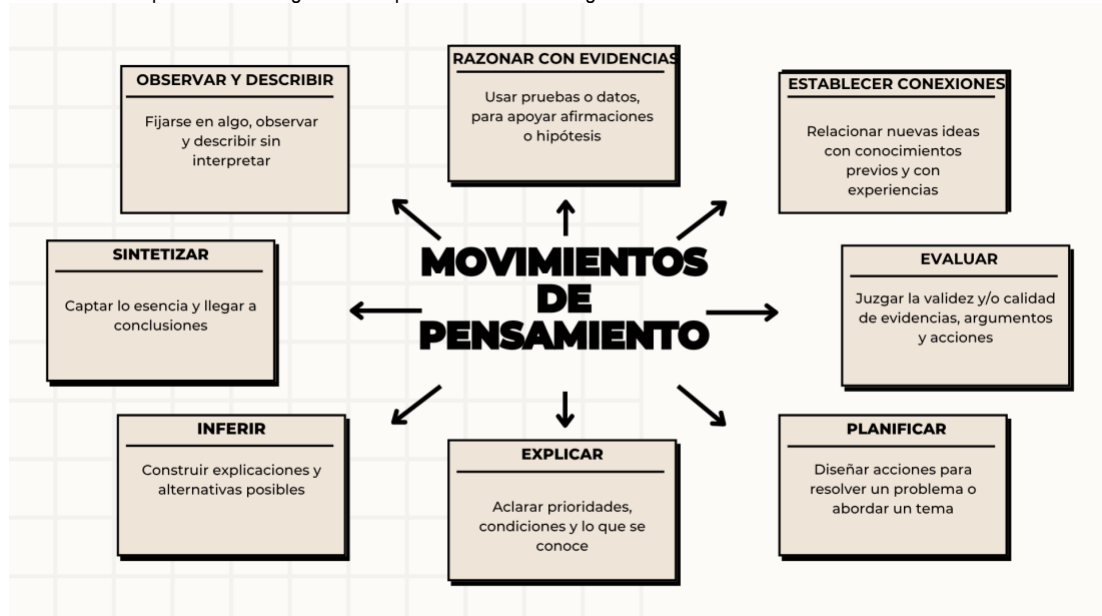
Comprender y aplicar conscientemente las fuerzas culturales que sustentan este enfoque permite al docente asumir un rol mediador más eficaz, favoreciendo la construcción de una cultura donde el pensamiento es visible, compartido y valorado como parte esencial del aprendizaje colaborativo y reflexivo.

En este marco, el enfoque del Pensamiento Visible se estructura a partir de los denominados movimientos del pensamiento, identificados por los investigadores del Proyecto Zero (Ritchhart et al., 2014). A partir de dichos movimientos, representados en

la Figura 1, se derivan las rutinas de pensamiento (RdP), entendidas como herramientas didácticas orientadas a hacer explícitos y observables los procesos cognitivos implicados en el aprendizaje.

Figura 1.

Movimientos de pensamiento según el enfoque del Visible Thinking.



Nota: Adaptado de Ritchhart et al. (2014), en el marco del Proyecto Zero de la Universidad de Harvard.

La aplicación sistemática de estas rutinas en el aula permite tanto a docentes como a estudiantes hacer visibles los movimientos mentales implicados en acciones como la observación, el razonamiento, la conexión de ideas, la consideración de múltiples perspectivas, la formulación de preguntas, la síntesis, la inferencia, la explicación, la evaluación y la planificación (Peng, 2023). Desde esta perspectiva, el rol del docente adquiere un carácter intencional y reflexivo, ya que esto implica seleccionar estratégicamente las rutinas de pensamiento en función del objetivo pedagógico y del momento específico del proceso de enseñanza-aprendizaje en el que se encuentren los estudiantes.

La evidencia empírica respalda la eficacia del Pensamiento Visible para potenciar habilidades de pensamiento crítico, creativo y metacognitivo, así como para promover la equidad en el aprendizaje, al brindar oportunidades equitativas de participación y reflexión a todos los estudiantes (Yeh, 2024). Asimismo, la incorporación de estas rutinas en diversos contextos disciplinares y niveles educativos ha mostrado efectos positivos en la comprensión profunda, la organización del pensamiento y el desarrollo de la autonomía del alumnado.

Rutinas de pensamiento (RdP)

Las representaciones observables de las ideas en desarrollo de los estudiantes, como mapas mentales, gráficos, listas y diagramas, se facilitan mediante el uso RdP, que proporcionan una estructura organizativa esencial para guiar el proceso de aprendizaje y fomentar el desarrollo de un pensamiento estratégico (Richhart et al. 2014). Las RdP tienen características concretas (Elizondo, 2016) están orientadas hacia una meta y promueven un tipo de pensamiento, con el fin de crear una forma de trabajo y razonamiento natural, su uso debe ser repetido ya que son fáciles de aprender, enseñar y breves, teniendo además aplicación en diferentes contextos, tanto individual como grupalmente. Con el uso de ellas, se consigue que los estudiantes se involucren más en

su proceso de aprendizaje, que piensen más allá de los hechos haciéndose preguntas, aprovechando conocimientos previos y conectando los conocimientos viejos con los nuevos.

La implementación de estas rutinas en el aula no solo permite al docente diagnosticar dificultades de aprendizaje, sino que también contribuye a visualizar el conocimiento como un proceso dinámico y en constante transformación a través del pensamiento colectivo. Por otra parte, muestra el valor de la colaboración intelectual consiguiendo un entendimiento grupal más complejo que el individual y atrae a estudiantes hacia la discusión, lo que en otra situación no hubiese tenido lugar. El esfuerzo en visualizar el pensamiento de cada estudiante redunda en dar oportunidades de expresar y explicar sus ideas y estar más atentos a estas.

En síntesis, la reflexión interna y las destrezas que se adquieren bajo las RdP dentro del marco del pensamiento visible, hacen posible un aprendizaje activo en el alumnado se siente más motivado, menos ansioso y por lo tanto consigue mejores resultados en las evaluaciones (Ramírez & Beilock, 2011), favoreciendo la comprensión lectora, la autorregulación emocional y la argumentación en distintos niveles educativos, además de resignificar el rol docente (Rodríguez et al, 2025).

Rutinas de pensamiento en secundaria

La necesidad de individuos con pensamiento crítico en la sociedad es lo que lleva a integrar nuevas metodologías en el sistema educativo. En investigaciones previas (Zubilaga del Rio, 2015) se ha visto que la utilización de RdP ha dado mejores resultados en educación secundaria que en otros niveles, por ello hemos elegido este tipo de instrumentos para implementarlos en nuestro estudio. Buscamos que los estudiantes sean conscientes del proceso del pensamiento, planificarlo, llevarlo a cabo y evaluar el resultado.

El uso de RdP, nos permiten ser más conscientes de los procesos cognitivos que llevamos a cabo cuando comprendemos y aprendemos algo, (Calvo, 2018), por lo tanto, la comprensión del contenido y desarrollo del pensamiento profundo les permitirá aprender de forma autónoma y eficaz (Swartz et al, 2013), permitiendo el desarrollo de habilidades creativas y metacognitivas (estas últimas regulan las estrategias para adquirir el nuevo conocimiento) en la adolescencia, donde es especialmente importante, ya que, gracias a ellas, se puede acceder a un tipo de razonamiento superior (Ardila, 2018) y a un pensamiento más eficaz, (Natalia Larraz, 2011). Este tipo de pensamiento redunda en el trabajo de manejar las emociones, más complicadas de gestionar en esta etapa, conductas tan necesarias en la vida diaria para una adecuada convivencia, ayudando así a la llamada competencia global.

¿Por qué Ondas?

La elección del tema de Ondas en nuestra investigación no ha sido aleatoria, nos basamos entre otros criterios en el informe de la OCDE “Pisa 2025: Science Framework”, donde se explicita qué contenidos de la física clásica son importantes introducir en educación secundaria con el fin de entender la física moderna y contemporánea, estos fueron: Estructura y propiedades de la materia, Movimiento y fuerzas, Energía y su transferencia e Interacción entre energía y materia, apartado donde se incluye la luz, las ondas de radio, el sonido y las ondas sísmicas. De entre ellos se ha elegido el Tema de Ondas obligatorio en el currículo de Educación Secundaria en la Comunidad de Madrid según el Decreto Ley 65 de 2022 en el que, además de conocer las características del movimiento ondulatorio, se explican los tipos de onda atendiendo a diferentes criterios, introduciendo, por tanto, las ondas

electromagnéticas, lo que nos lleva a hablar de la doble naturaleza de la luz, haciendo el tema más completo en su contenido.

Otro criterio que se ha tenido en cuenta tanto para seleccionar el orden de los apartados dentro del tema, como para poder proponer actividades motivadoras que ayuden en la formación de actitudes positivas hacia el aprendizaje de la física, es considerar la Historia como fuente de problemas, cuya resolución da lugar a las diversas teorías científicas. Ello permite al profesorado conocer cuáles fueron los conocimientos que estaban presentes en los momentos en los que se producen cambios importantes en una teoría y sus análisis pueden permitir determinar cuáles de esos conceptos, procedimientos o actitudes han favorecido la construcción del conocimiento (Pedrinaci 1994). Por otra parte, también permite conocer cuáles han sido los obstáculos en el desarrollo de la Física, lo que puede, en algunos momentos, arrojar luz sobre problemas del aprendizaje individual. El hecho de introducir la historia de la ciencia en la propia ciencia permite humanizar los contenidos científicos tratados, proporciona una mejor comprensión de sus conceptos, mostrando las pautas de los cambios que se producen en los procedimientos aceptados para su desarrollo y su perfeccionamiento ayudando a la comprensión de ciertos episodios cruciales del conocimiento (Bernacki, 2014); por ello, es más efectiva si esta introducción se realiza de manera explícita y reflexiva lo que ayuda a la interiorización personal de aspectos del aprendizaje (García Carmona, 2011).

Teniendo en cuenta este criterio, y el binomio ciencia- tecnología, sabemos que a lo largo de la historia en muchas ocasiones ha sido esta última quién se ha puesto al servicio de la práctica científica: instrumentos y sistemas de precisión, nuevos problemas de investigación, métodos, conocimientos teóricos, conceptos y modelos que se usan como analogías y metáforas, etc. (Acevedo, 2011). Un buen ejemplo de ello ha sido el conocimiento actual de la luz y su evolución a través de los siglos, cuya historia nos ha hecho ver que la ciencia no es inmutable y que lo que hoy es cierto mañana solo puede ser media verdad. Incluso yendo más allá, como es en el caso de la dualidad onda-corpúsculo, a veces nada es tan claro y solo depende de cómo se mire, de qué experimento se trate.

Por tanto, lo anterior evidencia que la temática seleccionada ofrece ventajas significativas al abordar de manera integrada los distintos criterios previamente analizados.

Hipótesis

Nuestro trabajo de investigación consiste en desarrollar la comprensión a través del enfoque del pensamiento visible y analizar si existe un beneficio en el aprendizaje y rendimiento del alumnado al utilizar RdP en la asignatura de Física en educación secundaria, concretamente en el tema de Ondas, y de este modo comprobar si se cumplen las hipótesis planteadas:

1. Primera: Existe una mejora del rendimiento en el alumnado con el uso de las RdP en el tema de ondas.
2. Segunda: Existe una relación entre los niveles de logro en las rutinas de pensamiento y los resultados académicos del alumnado de modo que, a mayor nivel de logro en las rutinas de pensamiento, mejores serán los resultados académicos obtenidos.

Metodología de investigación

Nuestra investigación se trata de un diseño cuasiexperimental de carácter exploratorio ya que el campo de investigación es un fenómeno poco estudiado en la asignatura de Física donde se quiere comprobar las relaciones entre las variables o las tendencias entre ellas, todo ello llevado a cabo en centro educativo concreto (Hernández Sampieri y Mendoza, 2008).

En cuanto a las variables, la variable independiente es la implementación de las RdP a lo largo de las sesiones en las que se imparta el tema de ondas y las dependientes la nota obtenida en las pruebas de evaluación, que se realizará a los grupos de la muestra a la conclusión del tema, así como los niveles de logro obtenidos en la evaluar las RdP con su correspondiente rúbrica.

Los diseños de investigación (Hernández Sampieri y Mendoza, 2008) que se realizaron en los dos años en los que se realizó la intervención fueron:

Figura 2.

Diseños de investigación

DISEÑO CON POS PRUEBA Y GRUPO/S DE CONTROL		
RG1	X	O1
RG2	-	O2
DISEÑO CON GRUPO EXPERIMENTAL Y POS PRUEBA		
RG1	X	O1

Nota: Adaptado de Hernández (2018).

Este estudio se abordará mediante métodos cuantitativos, esta elección se justifica en la naturaleza cuantificable de las variables objeto de estudio. En primer lugar, se analiza el rendimiento del alumnado en la primera hipótesis, comparando los resultados entre el grupo control y el grupo experimental después de la intervención. En segundo lugar, y en relación con la segunda hipótesis, las variables a contrastar son nuevamente el rendimiento de los estudiantes tras la intervención y, adicionalmente, los niveles de logro obtenidos en las rúbricas una vez evaluadas. La elección de esta última variable se fundamenta en la posibilidad de traducir objetivamente los criterios cualitativos de las rúbricas empleadas para evaluar las RdP a valores numéricos. Esta conversión permite la cuantificación de los niveles de logro de dichas rúbricas, posibilitando así el tratamiento estadístico de estos datos en conjunto con los resultados del rendimiento general del grupo. En ambos casos, es factible establecer equivalencias y comparaciones con el sistema de calificación tradicional, lo que facilita la verificación o no de las hipótesis planteadas.

El plan que desarrollaremos para llevar a cabo la investigación tendrá cuatro fases principales:

1ª. Elección de la muestra: Se elegirá un grupo de alumnos de tercero de la ESO de forma aleatoria de entre en los que la docente imparte clase. La invalidez por maduración no se producirá por ser breve el tiempo en el que ocurra dicha intervención, un mes aproximadamente.

2ª. Implementación de la intervención: Realizaremos la implementación de la intervención dentro del grupo introduciendo la variable independiente, en nuestro caso las RdP, elegidas para cada una de las sesiones.

3ª. Recopilación y tratamiento de la información: Recogida de datos, rutinas y ejercicios de evaluación. En esta fase, antes de tratar los datos estadísticamente, se corregirán las RdP de los alumnos con su rúbrica correspondiente traduciendo así los criterios cualitativos, los niveles de logro, a datos numéricos.

4ª. Análisis e interpretación de resultados: Analizar los datos tratados y realizar la comparación con los objetivos planteados en el marco teórico establecido con el fin de sacar conclusiones y planteamientos para estudios futuros.

Participantes

El estudio se llevó a cabo con grupos de tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en un centro educativo de titularidad privada, ubicado en la Comunidad de Madrid. La población escolar del centro está compuesta, en su mayoría, por estudiantes cuyas familias residen en las zonas centro y noroeste de la ciudad, y pertenecen a un nivel socioeconómico medio-alto. Así mismo, la presente investigación se llevó a cabo en el contexto laboral de la investigadora, previa autorización del director del centro educativo y del jefe de estudios de secundaria. Ambos otorgaron su consentimiento para implementar la metodología propuesta durante dos años consecutivos, específicamente en las primeras semanas del curso escolar, en el marco de la unidad didáctica sobre ondas. Con el objetivo de garantizar la protección de la privacidad del alumnado, se solicitó el consentimiento informado a los padres o tutores legales, quienes, autorizaron la participación de sus hijos en el estudio y consintieron la posterior difusión de los resultados, conforme a las pautas éticas establecidas en investigaciones educativas (American Psychological Association, 2020).

Los estudiantes pertenecientes a cada grupo no han podido ser elegidos, ya que estaban formados antes de la implementación, son grupos intactos que han surgido por una razón independiente a la de la propia experimentación, Por el contrario, si se eligió al azar cual de estos grupos sería el experimental.

Tabla 2.
Distribución del alumnado por género

Distribución del alumnado por género de la muestra en el curso 21/22 diseño posprueba y grupo de control					
Curso 21/22	Chicos	%	Chicas	%	
G. control	10	40	15	60	
G. experimental	16	61,5	10	38,5	
Total muestra	26	50,9	25	49,1	

Distribución del alumnado por género de la muestra en el curso 22/23 diseño posprueba y grupo de control					
Curso 22/23	Chicos	%	Chicas	%	
G. control	8	33,3	16	66,7	
G. experimental 1	10	37,8	17	60,7	
G. experimental 2	9	43,6	12	62,2	
Total muestra	27	37,5	45	62,5	

El número de alumnos mostrado en la tabla 3 es menor que los asignados a esa clase por ser este número el de los únicos que entregaron todas las rúbricas y por lo tanto con los que se ha podido hacer la recogida de resultados de forma completa.

Tabla 3.
Perfil del alumnado de la muestra en ambos cursos diseño posprueba y grupo experimental

Curso	Chicos	%	Chicas	%	Total
21/22	7	50	7	50	14
22/23	5	33,3	10	66,6	15
Total	12	41,3	17	58,6	29

Procedimiento didáctico

Este apartado expone el diseño de la implementación realizada en el aula y la posterior recolección de datos. En relación con la metodología utilizada se explica en la tabla 4, la organización temporal de las actividades repartidas por sesiones junto con la rutina utilizada en cada una de ellas, junto con el movimiento de pensamiento que se quiere promover, así como el contenido objetivo de las mismas considerando el apartado del tema que nos ocupaba. Ello permitirá contextualizar adecuadamente la intervención, facilitar la comprensión y posibilitar su réplica.

Tabla 4.
Diseño, cronología, rutinas y movimientos de pensamiento utilizados en la intervención

Actividad/Sesión	Rutina	Contenido	Movimiento de pensamiento
¿Qué es una onda?	VPP (ver, pensar y preguntarse) Se realizan experimentos con muelles y recipientes con agua	Conocer el movimiento ondulatorio como transporte de energía y no de materia y cómo influye el medio de propagación	Observar Interpretar Formular preguntas
Ondas longitudinales y transversales	PIE (Pensar, inquietar y explorar) Se experimenta con muelles y se visiona un simulador de ondas	Diferenciar entre ondas longitudinales y transversales	Activar conocimientos previos Identificar dudas Planificar investigación
Características de una onda	G-C-C-E (Generar, clasificar, conectar y elaborar) Con una cuerda (3m) y un cronómetro se halla la velocidad de propagación	Conocer las características de una onda y la relación entre ellas	Generar ideas sobre un tema - Clasificar en categorías - Conectar conceptos relacionados - Elaborar con detalles o explicaciones
Características y fenómenos del sonido	C-A-D (Conectar, ampliar y desafiar) Se hacen sonidos con distintas cantidades de agua en copas y se visionan videos (eco, etc)	Diferenciar la intensidad, tono y timbre. Entender cómo se produce el eco y la reverberación.	Formular una afirmación - Apoyarla con evidencias - Plantear una pregunta que surja del análisis
¿Qué he aprendido?	Antes pensaba...ahora pienso	Rechazar pre-concepciones equivocadas y abrazar nuevos conceptos	Reflexionar sobre ideas previas Ajustar pensamiento
¿Qué es la luz?	C-D-C-C (Conexión, desafío, conceptos y cambios) Experimento para comprobar la dispersión de la luz (agua, espejo y luz)	Analizar que la luz blanca es la suma de todos los colores.	Conectar con conocimientos previos Extender lo aprendido - Desafiar ideas o creencias previas
La caza del tesoro	Círculos de puntos de vista Diversa documentación sobre teoría de la luz de Newton y de Hygenss	Conocer el concepto de luz a lo largo de la historia (Newton/Huygens)	Reconocer diferentes perspectivas Inferir creencias, valores e intereses Conectar con la propia opinión
Onda-corpúsculo: ¿cuándo es qué?	El juego de la explicación Video efecto fotoeléctrico. Video difracción Experimentos con prismas y espejos	Comprobar que la luz tiene doble naturaleza	Observar cuidadosamente. Inferir y explicar Justificar con razones Explorar múltiples posibilidades
¿Qué he aprendido?	Antes pensaba...ahora pienso	Rechazar pre-concepciones equivocadas y abrazar nuevos conceptos	Reflexionar sobre ideas previas ajustar pensamiento
Lo tengo claro	G-C-C-E (Generar, clasificar, conectar y explorar)	Realizar un mapa conceptual con todo lo aprendido en las diferentes sesiones	Generar ideas sobre un tema - Clasificar en categorías - Conectar conceptos relacionados - Elaborar con detalles o explicaciones

Técnica e instrumentos de recogida de datos

La implementación fue llevada a cabo por la investigadora siguiendo lo descrito en la tabla anterior. Una vez que el alumnado completó las rutinas previstas, estas fueron recopiladas y evaluadas mediante la rúbrica correspondiente, con el propósito de transformar los datos cualitativos relativos a los niveles de logro en datos cuantitativos susceptibles de análisis estadístico.

A continuación, se muestran (Fig 4. y Fig 5.) una rúbrica con su correspondiente RdP realizada por un alumno ya evaluada.

Figura 4.

Rúbrica específica para evaluar los movimientos del pensamiento de la rutina "Pensar, Inquietar, Explorar"

		4	3	2	1
OBJETIVOS		MÁXIMO NIVEL DE LOGRO	NIVEL DE LOGRO MEDIO	MÍNIMO NIVEL DE LOGRO	NO SE HA CONSEGUIDO
Pienso	Construir explicaciones e interpretaciones	Construye explicaciones e interpretaciones sobre todas las características del video o experimento visto en clase	Construye explicaciones e interpretaciones sobre la mayoría de las características del video o experimento visto en clase	Construye explicaciones sobre las características más destacables a simple vista de del video o experimento visto en clase	No construye explicaciones e interpretaciones sobre las características del video o experimento visto en clase.
	Razonar con evidencia	Ha sido capaz de razonar con las evidencias que proporcionaba del video o experimento visto en clase	Ha sido capaz de razonar con algunas de las evidencias que proporcionaba el video o experimento visto en clase	Ha sido capaz de detectar las evidencias que proporcionaba el video o experimento visto en clase, pero no ha sido capaz de razonar con ellas.	No ha sido capaz de razonar con las evidencias que proporcionaba el video o experimento visto en clase
Me inquieta	Formular preguntas de indagación o curiosidad sobre el tema	Ha sido capaz de formular 3 preguntas o curiosidades por comprender sobre el video o experimento visto en clase	Ha sido capaz de formular 2 preguntas o curiosidades por comprender sobre el video o experimento visto en clase	Ha sido capaz de formular 1 preguntas o curiosidades por comprender sobre el del video o experimento visto en clase	No ha sido capaz de formular 1 preguntas o curiosidades por comprender sobre el video o experimento visto en clase
Exploro	Planear diferentes métodos para realizar la indagación o exploración	Menciona 3 diferentes métodos de indagación o exploración	Menciona 2 diferentes métodos de indagación o exploración	Menciona 1 método de indagación o exploración	No es capaz de mencionar ningún método de indagación o exploración

Nota: Rúbrica validada García N. et al (2017)

Figura 5.

Rutina "Pienso, me inquieto, exploro" (PIE) evaluada según la rúbrica anterior.

Pienso	<p>4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Me llama la atención: - El impulso que imponen las moléculas de aire caliente. - cómo algo puede desplazarse sin medio - cómo de un dato podemos deducir los demás de una onda. - la correspondencia de cada uno de esos datos con otros en diferentes condiciones (foto, video)
Me inquieta	<p>4</p> <p>Si las ondas longitudinales fueran impulsos por los dos lados ¿se anularían? ¿tendrían un efecto negativo? ¿qué ocurriría del mismo modo con una transversal? ¿podemos plantearnos el tiempo como un espacio para las ondas? (para analizarlas)</p>
Exploro	<p>4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Teoría y presentaciones de la lección en Classroom. - Sus videos en la misma plataforma. - Hace preguntas en clase - ha entrado de Wikipedia de ondas - Webs de internet especializadas en física (física lab).

Nota: Rúbrica Visible Thinking, Richhart (2014).

Una vez evaluadas todas las rutinas de pensamiento (RdP) desarrolladas durante la intervención, se procedió a calcular la media de los niveles de logro alcanzados por cada estudiante. Al concluir la intervención, se aplicó una prueba de evaluación del tema con el propósito de determinar el grado de aprendizaje adquirido. De este modo, para cada participante se obtuvo tanto el promedio de su nivel de logro en las RdP como la calificación obtenida en el ejercicio de evaluación final.

Dichos datos fueron procesados y examinados siguiendo los procedimientos descritos en el apartado de análisis de resultados.

Análisis de resultados

En esta sección se explica qué tratamiento estadístico y con qué finalidad se aplica a las variables numéricas definidas en el apartado de metodología. La organización de los datos, así como todas las pruebas se realizaron con un programa estadístico.

En primer lugar, se organizaron y se realizaron pruebas descriptivas para las siguientes variables:

- Notas del grupo control y experimental de ambos cursos
- Notas del grupo reducido experimental de ambos cursos
- Niveles de logro en las rúbricas del grupo reducido experimental de ambos cursos

La Notas del examen se valoran sobre 10 mientras que la de las rúbricas sobre 4 existiendo la siguiente relación (Máximo nivel del logro = 4, Medio nivel de logro = 3, Mínimo nivel de logro = 2, No lo ha conseguido = 1).

De todas estas variables se han calculado medidas de tendencia central como la media y de dispersión como la desviación típica, además de evaluar para cada una de ellas la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk con el objetivo de usar en el caso de que las variables relacionadas la cumplan, pruebas paramétricas en los siguientes pasos a realizar o por el contrario pruebas no paramétricas. En el caso de que las variables se asemejen a una distribución normal, se las expone a la prueba de Levene con el objetivo de ver si no hay diferencia significativa entre sus varianzas y poder realizar la prueba t-student para comprobar la posible existencia de una diferencia significativa entre sus medias. Por otro lado, para determinar la correlación entre las variables en el grupo reducido experimental (Notas y Niveles de logro) determinaremos de igual modo si cumplen las condiciones para ser distribuciones normales y en caso positivo se aplicará la prueba de Pearson o en caso contrario la de Spearman.

Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis cuantitativo de los datos recopilados. La primera parte recoge los resultados relacionados con la primera hipótesis, que busca determinar si el uso de RdP contribuye a mejorar el rendimiento del alumnado. En la segunda parte, se muestran los resultados vinculados a las variables analizadas para contrastar la segunda hipótesis, orientada a comprobar si existe una relación entre los niveles de logro en las rutinas y el rendimiento académico del alumnado, ambos en el contexto del tema de ondas.

Resultados relacionados con la primera hipótesis

En la tabla 5, se muestran los datos descriptivos más importantes de las variables de la muestra en el primer curso de la intervención.

Tabla 5.

Resumen estadística descriptiva muestra curso 21/22

Clase	nº alumnos	Media	Desviación estándar
Nota Control	25	5,0940	2,6103
Nota Experimental	26	5,5077	2,3816

Aplicando a las variables anteriores la prueba de normalidad Shapiro- Wilk, tabla 6 muestra que el valor de $p > 0,05$ siendo para Notas experimental $p = 0,2034$ y para Notas Control $p = 0,1941$ por lo que cumplen ambas la prueba de normalidad.

Tabla 6.

Resultados de la prueba de normalidad Shapiro –Wilk para grupo control y experimental curso 21/22

Curso	Grupo	Valor	Variable Notas
21/22	Notas Experimental	W	0,9476
		P	0,2034
	Notas Control	W	0,9451
		P	0,1941

Con el fin de conocer si existe alguna relación entre las variables Notas del curso 21/22 y seguir adelante en nuestras pruebas estadísticas aplicamos la prueba de Levene, siendo el valor de $p = 0,9604$ lo que implica aceptar la hipótesis nula, es decir, podemos suponer que las varianzas son iguales en ambos grupos, control y experimental.

Por último, una vez visto esto nos disponemos a hacer, por consiguiente, la prueba t Student, tabla 7, con el fin de comprobar si existe diferencia entre medias y por tanto si tal puede ser debida a la intervención, se obtuvo que el valor de $p = 0,566$ por lo que la diferencia entre el promedio muestral de Notas Control y Notas Experimental no es lo suficientemente grande como para ser estadísticamente significativa debiendo aceptar de nuevo en este caso la hipótesis nula.

Tabla 7.

Resultados estadísticos de la prueba de Levene y t. Student

Curso 21/22	P. de Levene	P. t Student
p	0,9604	0.5660

A continuación, se presentan los resultados de la intervención en el curso 22/23. En la tabla 8, se muestran los resultados de la estadística descriptiva para los grupos experimentales y para el grupo de control.

Tabla 8.

Resumen estadístico descriptivo muestra curso 22/23

Clase	nº alumnos	Media	Desviación estándar
Notas Control	24	5,8396	2,1436
Notas Experimental 1	21	5,6452	1,3186
Notas Experimental 2	27	4,0404	1,9636

Aplicamos a las variables anteriores la prueba de normalidad Shapiro- Wilk, tabla 9. En ella se muestra que el valor de $p > 0,05$ para todos los grupos.

Tabla 9.

Resultados de la prueba de normalidad Shapiro –Wilk grupos control y experimentales 22/23

Curso	Grupo	Valor	Variable Notas
22/23	Notas Experimental 1	W	0,9638
		P	0,3338
	Notas Experimental 2	W	0,9497
		P	0,3362
	Notas Control	W	0,9407
		P	0,169

Los resultados en el curso 22/23 al comprobar si las varianzas del grupo de control y de los grupos experimentales eran iguales o no aplicando la prueba de Levene, tabla 10, se obtuvo un valor de $p = 0,0650$ lo que supone aceptar que los promedios de los tres grupos son iguales o al menos no hay una diferencia estadísticamente significativa. Comprobado este dato realizamos la prueba t-Student para las dos relaciones entre el grupo de control y los dos grupos experimentales obteniendo los siguientes resultados $p_1 = 0,0032$ y $p_2 = 0,9179$, confirmándose en el primer caso que existen diferencias significativas entre las medias de los dos grupos, lo que indica viendo las medias que el grupo de control en este caso obtuvo mejores resultados. Por otro lado, comparando con el otro grupo observamos que el valor de p indica no rechazar la hipótesis nula, esto es, la diferencia entre las medias no es estadísticamente significativa.

Tabla 10.

Resultados estadísticos de la prueba de Levene y t. Student

Curso 22/23	P. de Levene	P. t- Student	
p	0,0651	p1	0,0032
		p2	0,9179

Resultados relacionados con la segunda hipótesis

Los niveles de logro que se obtuvieron de las rúbricas, al igual que los resultados del examen obtenidos en el tema por los estudiantes en los dos cursos donde se realizó la intervención se trataron a nivel descriptivo obteniendo los resultados que muestra la tabla 11.

Tabla 11.

Resultados descriptivos de las muestras

Curso	Nº alumnos		Notas	Nivel de logro
21/22	14	Media	5,81	2,64
		D. T.	3,13	0,69
22/23	15	Media	5,16	2,03
		D.T.	2,18	0,55

Una vez analizadas las variables de forma descriptiva comprobamos si ambas variables (Notas y Nivel de logro) tienen una distribución normal con el fin de determinar qué prueba de correlación es la adecuada, en este caso para comprobar nuestra hipótesis de partida. Con este objetivo se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y así poder verificar si los datos de ambas variables, en los dos cursos seguían una distribución normal. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 12.

Tabla 12.

Resultados de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk

Curso	Valor	Notas	Nivel de logro
21/22	W	0,8961	0,8467
	p	0,0991	0,0020
22/23	W	0,9397	0,7989
	p	0,3781	0,0036

El resultado de p en ambos cursos para la variable Notas fue $p > 0,05$, concretamente en el primer año 0,0991 y 0,3781 en el segundo, lo que indica que no podemos rechazar la hipótesis nula de normalidad en ninguno de los dos casos y por tanto se considera que los datos de ambos presentan una distribución normal.

Por otra parte, los resultados de p para la variable Nivel de logro han sido diferentes, en ambos casos $p < 0,05$, primer año $p = 0,0020$ y para el segundo $p = 0,0036$, lo que nos

indica que los datos no siguen una distribución normal, debiendo rechazar la hipótesis nula.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos anteriormente, al no tener una de las dos variables, Niveles de logro, una distribución normal, se justifica el uso de pruebas no paramétricas en los análisis posteriores, particularmente en relación con la comprobación de nuestra hipótesis, usaremos la prueba de Spearman (tabla 13 con el objetivo de ver la correlación entre dichas variables.

Tabla 13.
Resultados de la correlación entre las notas obtenidas y el nivel de logro de las rúbricas.

Curso	Prueba	Coefficiente de correlación	Nivel de significación
21/22	Spearman	0,626	0,01 bil
22/23	Spearman	0,750	0,05 bil

A tenor de los datos anteriores se observa una correlación estadísticamente significativa entre la variable Notas y la variable Nivel de Logro, siendo esta positiva moderada-fuerte en el primer año ($r = 0,626$ y $p = 0,01$ bilateral) mientras que en el segundo año ($r = 0,75$ y $p = 0,05$ bilateral) los datos muestran una correlación positiva fuerte. Siendo el nivel de significación $p \leq 0.05$ en los dos cursos, se debe rechazar la hipótesis nula de ausencia de correlación.

Discusión y conclusiones

En esta sección se interpretan los principales resultados obtenidos, en relación con las hipótesis planteadas en el estudio. Respondiendo a nuestra primera hipótesis, de si pudiera existir mejora en el rendimiento académico del alumnado al utilizar RdP en el tema de ondas, recopilando los resultados obtenidos en ambos cursos, no se ha podido comprobar que haya sido así, al menos de una forma estadísticamente significativa. Si bien es verdad que en el primer año la nota media del grupo control fue menor que la del grupo experimental y en el segundo año se da el mismo resultado con uno de los grupos experimentales.

Las razones que han podido influir en la no comprobación de la primera hipótesis han sido:

- Grupo experimental con alumnos cuya actitud era problemática
- El alumnado solo ha trabajado con RdP, durante el mes que duró la intervención, no lo había hecho antes.

En relación con nuestra segunda hipótesis, con los resultados hallados podemos afirmar su certeza, existe una correlación positiva entre los niveles de logro de las RdP y las calificaciones de los estudiantes. Esto es, a mayores niveles de logro conseguidos por los alumnos en las RdP también mayor es la calificación obtenida por los mismos en la prueba de evaluación del tema, comprobando así nuestra hipótesis.

Este trabajo apoya la investigación (Blancher,2017) sobre la asignatura de Biología donde afirma que las RdP son una alternativa para la enseñanza de las ciencias y promueve en los estudiantes el desarrollo del pensamiento crítico, reflexivo y creativo, lo que les ayuda a la resolución de problemas en su vida cotidiana. Otro estudio reciente en el área de Matemáticas (Vasquez et al., 2024) concluye que el uso de RdP y la incorporación de las Tic en la enseñanza es una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes. Así mismo, otra investigación, en este caso con alumnos de primaria (García-Marigómez et al., 2023), encuentra resultados en el

post test ligeramente superiores a los iniciales en relación con la motivación, aceptación y placer de actividades relacionadas con las ciencias después de trabajar con RdP.

Si ponemos en contexto nuestro estudio con otros semejantes, el realizado por Marcela Carrivale et al. (2023) concretamente en el tema de Fuerzas introdujo las RdP y las rúbricas con el fin de conseguir también mejorar el aprendizaje. En sus conclusiones afirma que “destaca la utilidad de las RdP en la enseñanza de la física y que estas ayudan a mejorar la comprensión y clarificación de los conceptos además de a organizar la información dada de la forma más lógica y coherente” (p.40).

En el presente trabajo se ha contribuido a comprobar que los procesos de pensamiento de los estudiantes más significativos sobre conceptos científicos en el tema de ondas en educación secundaria, tales como reflexionar, inferir, discernir, etc. Se han podido hacer explícitos al trabajar con las herramientas utilizadas en la intervención y a partir de ellas, gracias a las rúbricas, hemos conseguido con los niveles de logro dar un valor objetivo a cada uno de los movimientos de pensamiento asociados a cada RdP.

Además, en relación con la primera hipótesis planteada, a pesar de no haber encontrado, datos estadísticos significativos para probar la existencia de una relación directa entre el uso de las herramientas que visibilizan el pensamiento y el rendimiento académico de los estudiantes, sí hay hallazgos que nos sugieren seguir investigando en este sentido. Por otro lado, se ha podido llevar a cabo la comprobación de la segunda hipótesis al obtener la existencia, en ambos cursos, de una correlación directa positiva entre los niveles de logro de las rutinas y las calificaciones del alumnado.

Si bien los resultados obtenidos aportan información valiosa sobre la visibilización del pensamiento en la asignatura de física en educación secundaria, es importante considerar que utilizar las RdP como herramientas para el aprendizaje durante más tiempo con el fin de que los alumnos se acostumbren a trabajar con ellas, así como implicar a más áreas del conocimiento de manera que sea un trabajo de equipo (Vasquez, 2002), sería el único modo de crear una cultura de aula.

Para estudios posteriores se recomienda continuar elaborando trabajos con esta metodología ya que por una parte se ha comprobado la adaptabilidad y compatibilidad del uso de estas herramientas en las ciencias experimentales (Gil, 2021), concretamente en el tema de ondas, un contenido no fácil de entender en secundaria.

Además, sería recomendable profundizar en la realización de trabajos con el fin de comprobar si los estudiantes son más conscientes de su aprendizaje, de cómo lo hacen y de si se sientan protagonistas del mismo.

Referencias

Abril, S, & Jiménez, A (2019). La argumentación escrita y el aprendizaje de la biotecnología en estudiantes de decimo grado (Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Manizales).

Acevedo-Díaz, JA (2006). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, 3(2), 198-218.

Bernacki, M, Nokes-Malach, T, Richey, E, & Belenky, D (2016). Science diaries: a brief writing intervention to improve motivation to learn science. Educational Psychology, 36, 26-46. <https://doi.org/10.1080/01443410.2014.895293>.

Blanchar Pérez, BR, & Barreto Tovar, CH (2017). Bio-grafía: escritos sobre la biología y su enseñanza, ISSN 2027-1034, N°. Extra1, 2017 (Ejemplar dedicado a: Memorias IX Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología (1415-1422).

Carrivale, M, del Valle Ortigoza, L, & Bongiovanni, P (2024). Implementación de rutinas de pensamiento en la enseñanza de la Física. Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos, (215), 37-42.

Fernández, JA, & García, MP (2017). Estrategias de pensamiento visible en el aula: Un estudio de caso en secundaria. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20(2), 133-146.
<https://doi.org/10.6018/reifop.20.2.299551>

García N, Cañas M, & Pinedo R (2017). Métodos de evaluación de rutinas de pensamiento: aplicaciones en diferentes etapas educativas. En JC Núñez, JJ Gázquez, ..., & MM Simón, (Eds). *Temas actuales de investigación en las áreas de la Salud y la Educación* (237-243).

García-Carmona, A, Alonso, ÁV, & Mas, MAM (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 40(3), 403-412.

García-Marigómez, C, Ortega-Quevedo, V, & Gil Puente, C (2023). Teaching and Learning Geology as a Way to Develop Thinking and Encourage Positive Attitudes Towards Science. *REIDOCREA*, 12(19), 242-260.

Hernández-Sampieri, R, & Mendoza, C (2020). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill Education.

Maeso, MB, Montesinos, VS, & Martín, AMG (2022). STEM a análisis: Evolución de matriculaciones en titulaciones universitarias y Formación Profesional. *Revista de Estilos de Aprendizaje* 15(Especial), 135-148.
<https://doi.org/10.55777/rea.v15iespecial.4600>

OECD (2023). *PISA 2025 Science Framework*. OECD Publishing.

Perkins, D, Jay, E., & Tishman, S. (1993). Beyond abilities: A dispositional theory of thinking. *Merrill-Palmer Quarterly*, 39(1), 1-21.

Ritchhart R, Church M, & Morrison K (2014). *Hacer visible el pensamiento*. Paidós

Ritchhart, R (2015). *Creating cultures of thinking: The 8 forces we must master to truly transform our schools*. John Wiley & Sons.

Solbes J, Montserrat R, & Furió (2007). Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia. implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 21, 91-117.

Surya E, Sabander J, Husumah Y, & Darhim (2013). Improving of Junior High School Visual Thinking Representation Ability Mathematical problem solving by CTL. *Indo MS*, 4, 113-126.

Vasquez Cutipa, CA (2022). Estrategias de rutinas del pensamiento mejoran el pensamiento crítico en estudiantes de secundaria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 1398-1412.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2666

Villacis, MIV, Pisco, DGV, & Parrales, DRS (2024). Rutina de pensamiento y la incorporación de las Tic como metodología innovadora en la enseñanza de la matemática: Thinking routine and the incorporation of ICT. *Sinapsis: La revista científica del ITSUP*, 25(2), 15.

Zubillaga del Río, A (2015). Las rutinas de pensamiento como recurso para el desarrollo de habilidades metacognitivas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12(3), 476-489.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i3.12