

REFERENCIA: Vázquez-Cerro, S. Ortega-Quevedo, V. & Gil-Puente, C. (2024). La enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales como medio para el desarrollo del pensamiento visible. *ENSAYOS*, Revista de la Facultad de Educación de Albacete, 39(1), 105-127. Enlace web: <http://www.revista.uclm.es/index.php/ensayos>

## **LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES COMO MEDIO PARA EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO VISIBLE**

### **THE TEACHING-LEARNING OF THE EXPERIMENTAL SCIENCES AS A MEANS FOR THE DEVELOPMENT OF VISIBLE THINKING**

**Sandra Vázquez-Cerro**

sandra.vazquez.cerro@gmail.com

Universidad de Valladolid

**Vanessa Ortega-Quevedo**

vanessao@uclm.es

Universidad Complutense de Madrid

**Cristina Gil-Puente**

cristina.gil.puente@uva.es

Universidad de Valladolid

Recibido: 14/12/2023

Aceptado: 25/2/2024

#### **Resumen:**

La sociedad actual está caracterizada por el desarrollo científico-tecnológico y el acceso a la información. Esto hace que el desarrollo de competencias, como el pensamiento crítico y la alfabetización científica, sea algo necesario para ser personas activas en la sociedad. Este estudio presenta una propuesta educativa con el objetivo de desarrollar el pensamiento desde edades tempranas mediante la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. En concreto, la propuesta se implementa con 34 estudiantes de 6º curso de Educación Primaria que aborda como contenido la tensión superficial con el fin de desarrollar el pensamiento visible. Los resultados nos muestran que este enfoque fomenta la participación del alumnado en su proceso de enseñanza-aprendizaje y que los objetivos de estudio se desarrollan de forma positiva, aunque no todos los movimientos del pensamiento clave se ven desarrollados de la misma manera. Por consiguiente, se concluye que la intervención ayuda al desarrollo de los movimientos de pensamiento.

**Palabras clave:** pensamiento visible; ciencias químicas; ciencias naturales; Educación Primaria.

### **Abstract:**

Today's society is characterized by scientific and technological development and access to information. This makes the development of competences, such as critical thinking and scientific literacy, necessary to be active people in society. This study presents an educational proposal with the aim of developing thinking from an early age through the teaching-learning of science. Specifically, the proposal is implemented with 34 students in the 6th grade of Primary Education, which addresses surface tension as a content in order to develop visible thinking. The results show us that this approach encourages student participation in their teaching-learning process and that the study objectives are developed in a positive way, although not all key thinking movements are developed in the same way. Therefore, it is concluded that the intervention helps the development of the thinking movements.

**Keywords:** visible thinking; chemical sciences; natural sciences; Primary Education.

## **1. Introducción**

### **1.1 El pensamiento visible en el aula**

A medida que la sociedad progresa, el sistema educativo continua ligado al modelo tradicional de enseñanza que se enfoca en la mera transmisión de información. Sin embargo, es imperativo que se adapte a las necesidades de la sociedad actual y al nuevo perfil de los estudiantes, adoptando un enfoque educativo centrado en el alumno y en el proceso de aprendizaje. Las metodologías activas que surgieron y evolucionaron durante el siglo XX, son esenciales como punto de referencia para la integración de la educación basada en competencias (Torres, 2019).

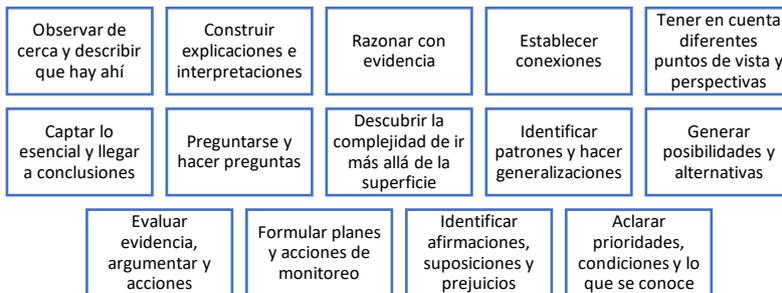
Partiendo de dicha idea, se puede afirmar que los nuevos perfiles de los estudiantes de Educación Primaria requieren de cambios en las metodologías escolares que abandonen el enfoque transmisivo e implementen metodologías más activas centradas en el aprendizaje significativo y el desarrollo competencial del alumnado. Dichos cambios se han incorporado en la nueva legislación educativa española (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2020).

Uno de los enfoques compatibles con esta forma de entender la enseñanza es el enfoque de pensamiento que tiene su origen en el Proyecto Zero de Harvard. Este proyecto pretende visualizar el pensamiento y su principal propósito es “comprender y alimentar los procesos cognitivos del pensamiento de orden superior, (...), a través de la investigación de cómo se produce el aprendizaje en niños y adultos” (Rivera et al., 2022, p.2), centrándose en la naturaleza de la inteligencia y la creatividad. Asimismo, este proyecto se centra en cambiar el foco educativo hacia un proceso de reflexión, procesamiento y uso de contenidos (Perkins, 2001). Por tanto, trata de fomentar el pensamiento de manera “infusionada” con los contenidos establecidos por ley, para un desarrollo del aprendizaje permanente que permita al alumnado adaptarse a la sociedad que está en constante cambio (Perkins, 2016; Swartz et al., 2013).

El pensamiento visible “se refiere a cualquier tipo de representación observable que documente y apoye el desarrollo de las ideas, preguntas, razones y reflexiones en desarrollo de un individuo o grupo” (Tishman y Palmer, 2005, p.2). Visibilizar el pensamiento permite al alumnado reflexionar, profundizar en ideas y dotar de eficiencia el proceso de aprendizaje (Morales y Restrepo, 2015). Por ello, se puede afirmar que los objetivos de este pensamiento son fomentar las habilidades de pensamiento y profundizar en los aprendizajes objeto de enseñanza-aprendizaje (Ritchhart et al., 2014).

En los estudios derivados del Proyecto Zero se sintetizan catorce movimientos del pensamiento claves para promover un aprendizaje basado en la comprensión, que se recogen en la Figura 1 (Ritchhart et al., 2014).

Figura 1  
*Habilidades o movimientos de pensamiento*

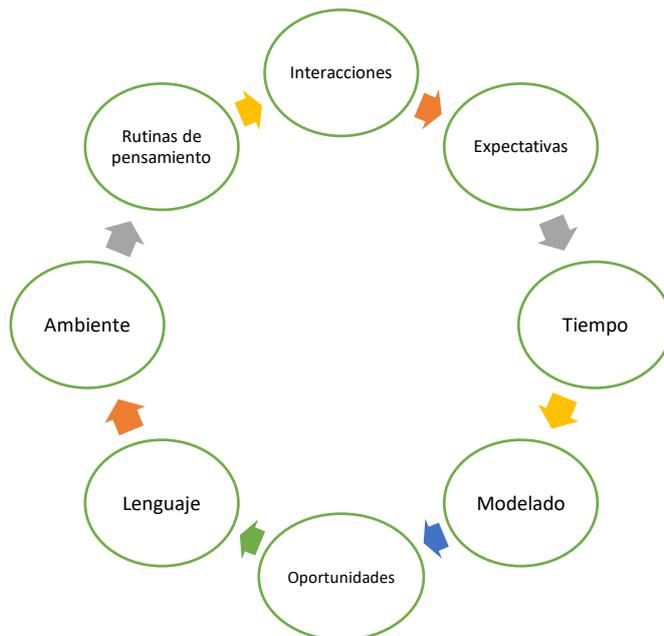


Fuente: Basada en Ritchhart et al. (2014)

Es importante indicar que durante el estudio se abordarán los siguientes movimientos de pensamiento: razonar con evidencias, tomar decisiones y planear, establecer conexiones, preguntarse y hacer preguntas, construir explicaciones e interpretaciones, identificar patrones y hacer generalizaciones, captar lo esencial y llegar a conclusiones, y reflexionar y fomentar la metacognición, debido a que son los más afines con la propuesta presentada.

Ahora bien, implementar este enfoque en las aulas requiere de la comprensión del desarrollo del pensamiento (movimientos del pensamiento), pero también de otras cuestiones elementales que Ritchhart (2015) recoge en ocho fuerzas culturales básicas para integrar en el aula a la hora de abordar este enfoque (ver Figura 2).

Figura 2  
*Las 8 fuerzas culturales*



Fuente: Basado en Ritchhart (2015)

La Figura 2 muestra las fuerzas culturales mediante las cuales se puede crear, mantener y mejorar una cultura de pensamiento en el aula.

- **Interacción:** a través de las redes sociales se puede mostrar y valorar el respeto e interés hacia el pensamiento y el aprendizaje de los alumnos.
- **Expectativas:** es la forma que atribuimos a nuestra manera de enseñar y dar respuesta a las necesidades e intereses de los alumnos.
- **Tiempo:** es importante dar tiempo para permitir a los alumnos pensar, y tener en cuenta que cada uno tiene su ritmo de reflexión y de resolución de las preguntas planteadas.
- **Modelado:** permitir el intercambio de ideas y puntos de vista favorece el desarrollo de modelos de pensamiento distintos.
- **Oportunidades:** siempre hay que ofrecer una serie de acciones o condiciones que permitan a los alumnos realizar o conseguir algo.
- **Lenguaje:** es preciso emplear un lenguaje que entiendan todos los alumnos para el buen desarrollo del pensamiento.
- **Ambiente:** el ambiente físico donde se desarrolla la acción es imprescindible para fomentar las interacciones entre los alumnos y sus comportamientos, estimulando así el pensamiento.
- **Rutinas de pensamiento:** mediante estas rutinas se permite el desarrollo de distintas formas de pensamiento, logrando que los alumnos observen, reflexionen, organicen sus ideas, etc.

## 1.2 Integración de la cultura de pensamiento en el aula de ciencias

A lo largo de las décadas, la alfabetización científica no ha sido suficiente, por lo que es necesario fomentarla a nivel global a través de contenidos científicos, conocimientos para entender el medio físico (cultura científica), la capacidad para emplear los conocimientos científicos (espíritu crítico), el impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad y la naturaleza de la ciencia; para ver y comprender la influencia de la ciencia en nuestro día a día (Ortega-Quevedo et al., 2023). A su vez, otros autores, como Pereira et al. (2018), hablan acerca de la importancia y la prioridad que presenta la educación científica en la sociedad actual, buscando en todo momento formar personas alfabetizadas científicamente, capaces de actuar de manera activa en la sociedad para dar solución a problemas, tomar decisiones de manera crítica, etc. Siguiendo con las autoras anteriores (Ortega-Quevedo et al., 2023), los elementos clave para el desarrollo adecuado de una alfabetización científica son: comprender la naturaleza de la ciencia y la tecnología y adquirir habilidades de pensamiento. Del mismo modo, esta idea ya venía planteada por Showalter (1974), citado en Lederman (2018), que, con su trabajo, estableció que la naturaleza de la ciencia es un concepto muy importante dentro de la alfabetización científica. Este autor limitó claramente las dimensiones de esta alfabetización para poder incluirse como objetivos en el currículo de ciencias. De todas las dimensiones establecidas, la que mayor relación guarda con este estudio es la de “procesos de la ciencia” directamente vinculada con las habilidades de pensamiento. Para Showalter (1974), los “procesos de la ciencia” hacían referencia al uso de dichos procesos para resolver problemas, tomar decisiones, etc.

A este respecto, desde la didáctica de las ciencias se trabaja por: (1) fomentar la alfabetización científica impulsando dichos elementos clave y atendiendo a cuestiones como el necesario equilibrio entre los contenidos que se abordan sobre ciencias y la enseñanza sobre la ciencia y la metodología que emplea para producir el conocimiento (Ortega-Quevedo et al., 2022a). Y (2)

promover el desarrollo del pensamiento, pues su desarrollo repercute positivamente en la comprensión de la propia ciencia y el pensamiento científico (Vázquez y Manassero, 2018).

Asimismo, la literatura muestra como “la enseñanza de las ciencias basadas en el pensamiento tendrá la capacidad de cambiar el comportamiento de los alumnos haciéndoles pasar de un pensamiento automático hacia otro decisivo” (Vieira et al. 2010, p.97).

Partiendo de las ideas anteriores, se puede afirmar que existe una simbiosis entre desarrollo del pensamiento y aprendizaje de las ciencias que puede y debe trabajarse en el ámbito educativo. Tal y como expresan Gil y Bartolomé (2022), el uso de la experimentación en el proceso de aprendizaje fomenta el pensamiento en los alumnos, ya que estos se van a encontrar ante situaciones en las que necesiten poner en juego y desarrollar distintos movimientos de pensamiento como razonar, plantearse preguntas, resumir, etc. Por ello, se puede deducir que una herramienta útil para desarrollar experiencias experimentales o indagativas en las primeras etapas educativas es hacer visible el pensamiento.

En este trabajo se plantea una propuesta didáctica mediante la cual se promueve la alfabetización científica y el desarrollo del pensamiento. Además, la propuesta empleará una metodología tradicional (transmisión-recepción) en combinación con metodologías activas, con el fin de complementarse entre ellas para el aprendizaje de la ciencia y la tecnología, y el contenido. Por una parte, será tradicional, explicando contenidos a los alumnos y, por otra parte, será más activa, siendo los alumnos los protagonistas de sus aprendizajes. Cabe destacar que las principales metodologías activas que se emplearán serán el enfoque de pensamiento y el aprendizaje cooperativo. Con ello, los alumnos comprenderán mejor el contenido al verlo como una ciencia real, y desarrollarán habilidades para desenvolverse en su vida presente y futura, así como un aprendizaje autónomo, crítico, comprensivo y profundo (Cañas y Pinedo, 2022; Ritchhart et al., 2014).

### **1.3 La tensión superficial como contenido en Educación Primaria**

La tensión superficial, al formar parte de la física, debe ser abordada desde una postura constructivista, como bien menciona Moreira, 1993, citado en Zareba e Idoyaga (2016, p.297). Con esta idea podemos ver que este fenómeno forma parte de la didáctica de las ciencias ya que debe ser enseñado de una manera activa y participativa donde el alumno sea el responsable y protagonista de su aprendizaje. Mediante esta forma de enseñanza-aprendizaje, se consigue que los alumnos desarrollen un aprendizaje significativo, permitiéndoles aplicar los conocimientos y establecer conexiones entre la tensión superficial y su vida cotidiana.

Además, al trabajar este contenido se puede acercar a los alumnos a un modelo de la tensión superficial, con el que podrán poner en juego distintas capacidades de pensamiento que les permitan enfrentarse a problemas reales y a comprender y reflexionar acerca de este fenómeno.

Con todo ello, se puede indicar que “La educación científica debería ayudar a los alumnos a construir sus propios modelos, pero también a interrogarlos y redescubrirlos a partir de los elaborados por otros” (Pozo, 1999, citado en Zareba e Idoyaga, 2016, p.298). Es decir, mediante el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta temática, los alumnos deberían ser capaces de construir sus propios modelos sobre tensión superficial, cuestionarlos y modificarlos en base a los modelos de sus compañeros.

## 2. Objetivo

El objetivo principal de este trabajo se centra en determinar el desarrollo del alumnado de los movimientos del pensamiento (Ritchhart et al., 2014) en una clase de Ciencias de la Naturaleza de 6º curso de Educación Primaria a través de contenidos sobre la tensión superficial.

## 3. Método

En la presente investigación se ha empleado una metodología cualitativa para analizar el proceso de enseñanza y aprendizaje del contenido de la tensión superficial, así como el desarrollo de los movimientos de pensamiento implicados en el pensamiento visible. En concreto, se ha llevado a cabo un estudio de caso, ya que nos basamos en el estudio de una realidad cercana y concreta de los investigadores para pasar posteriormente, a su análisis y generación de nuevos conocimientos.

Stake (1999) se refiere a este tipo de estudio como el “estudio de la particularidad de la complejidad de un caso singular, para llegar a comprender su actividad en circunstancias importantes” (p.11) y, del mismo modo, señala que “el investigador destaca las diferencias sutiles, la secuencia de los acontecimientos en su contexto y la globalidad de las situaciones personales” (p.11) dentro del estudio.

Del mismo modo, se usaron varias técnicas e instrumentos de recogida de datos que se explicarán más adelante, en el apartado 3.3.

### 3.1 Participantes

Los participantes del estudio se han seleccionado mediante un muestreo por conveniencia. En concreto, hemos contado con la participación de 34 alumnos de edades comprendidas entre los 11-12 años de un Centro de Educación Infantil, Primaria y Secundaria Obligatoria (CEIPSO) público de una localidad del norte de la Comunidad de Madrid. Estos alumnos se dividen en dos líneas, un grupo consta de 16 alumnos y el otro de 18.

Para mantener la confidencialidad, se ha codificado el nombre de los estudiantes de tal manera que cada alumno o alumna ha sido identificado con un número, su género y se le ha añadido 1 o 2 según fuese alumno con necesidades educativas especiales / alumno con necesidades específicas de apoyo educativo o no (1: alumno sin necesidades; 2 alumno con necesidades), quedando, por ejemplo: Alumno 1, femenino, 1.

Para el acceso al campo se aprovechó el puesto de trabajo de una de las investigadoras en dicho centro. Para ello, pidió permiso previamente al director y a los tutores de 6º de EP, recibiendo el visto bueno para implementar la secuencia de actividades.

### 3.2 Diseño didáctico

En la Tabla 1 se muestran las 3 sesiones de las que se compone la propuesta, así como las actividades y los movimientos de pensamiento abordados en cada una de ellas. Importante indicar que, aunque cada sesión tenga una duración, tanto las actividades de evaluación inicial como las actividades de evaluación final se han llevado a cabo con una diferencia aproximada de 8 días en el primer grupo y 3 semanas en el segundo.

Cabe destacar que el agrupamiento variaba de una actividad a otra, realizándose tanto trabajo individual como en grupos.

Tabla 1  
*Propuesta didáctica resumida*

Sesiones	Actividades	Movimientos de pensamiento
<b>Sesión 1</b> (1h y media) (2 y 16 de marzo de 2023)	Actividades de evaluación inicial	Razonar con evidencias, tomar decisiones y planear, establecer conexiones, preguntarse y hacer preguntas.
	Experimentos + Rutina de pensamiento "Veo-Pienso-Me pregunto"	Razonar con evidencias, establecer conexiones, preguntarse y hacer preguntas, construir explicaciones e interpretaciones, identificar patrones y hacer generalizaciones.
<b>Sesión 2</b> (1h y media) (9 de marzo y 6 de abril de 2023)	Actividad de investigación y exposición	Razonar con evidencias, tomar decisiones y planear, establecer conexiones, construir explicaciones e interpretaciones, identificar patrones y hacer generalizaciones, captar lo esencial y llegar a conclusiones, reflexionar y fomentar la metacognición.
	Rutina de pensamiento "Conectar-Ampliar-Desafiar" / "Antes pensaba...Ahora pienso"	Razonar con evidencias, tomar decisiones y planear, establecer conexiones, preguntarse y hacer preguntas, construir explicaciones e interpretaciones, identificar patrones y hacer generalizaciones, captar lo esencial y llegar a conclusiones, reflexionar y fomentar la metacognición.
	Rutina de pensamiento el "Titular"	Tomar decisiones y planear, establecer conexiones, construir explicaciones e interpretaciones, identificar patrones y hacer generalizaciones, captar lo esencial y llegar a conclusiones.
<b>Sesión 3</b> (1 hora) (10 de marzo y 7 de abril de 2023)	Actividades de evaluación final	Razonar con evidencias, tomar decisiones y planear, establecer conexiones, preguntarse y hacer preguntas, captar lo esencial y llegar a conclusiones.

Una vez presentada la propuesta, pasamos a explicar de manera breve cada una de las actividades de las que está compuesta.

Comenzamos con la sesión 1 donde se llevaron a cabo, en un primer momento, las actividades de evaluación inicial. Estas actividades consistían en una lluvia de ideas colectiva sobre la tensión superficial, las cuales estaban relacionadas con la vida diaria de los alumnos, el visionado de dos videos vinculados con este fenómeno y, por último, la realización de la rutina "Puntos de la brújula". A lo largo de todas estas actividades, los alumnos debían planear y tomar decisiones para la resolución correcta tanto de las preguntas como de los apartados de la rutina de pensamiento, es decir, antes de proceder a responder, debían organizar y planear sus ideas con el fin de expresar de manera adecuada aquello que querían transmitir.

Las preguntas que se les plantearon a los alumnos en la lluvia de ideas fueron:

1. ¿Qué es la tensión superficial?
2. Cuando tiramos una piedra a un estanque, ¿qué pasa?, ¿se hunde según la tiras o en ocasiones da pequeños saltos sobre el agua?
3. ¿No os habéis fijado nunca cuando estáis en la piscina que hay bichos encima del agua?, ¿por qué creéis que pasa eso?
4. ¿Por qué las pompas de jabón se quedan encima del agua?
5. ¿Cómo creéis que se forma una gota de agua?

Una vez implementadas las actividades de evaluación inicial, se procedió a realizar la segunda actividad, que consistía en la ejecución de varios experimentos sobre la tensión superficial en grupos cooperativos, es decir, al plantearles la actividad dentro del propio grupo debían repartirse responsabilidades de tal manera que todos los integrantes realizaran alguna tarea, consiguiendo entre todos el objetivo de la actividad. Esta idea viene respaldada por Johnson & Johnson (1999), quienes afirman que el aprendizaje cooperativo es una situación de aprendizaje en la que los objetivos que tienen que conseguir los estudiantes se hallan estrechamente vinculados, de forma que cada uno de ellos solo puede alcanzar sus objetivos si y solo si el resto de los componentes del grupo consiguen alcanzar los suyos.

Los experimentos fueron:

1. Mezclar agua, polvos de talco y jabón. ¿Qué ocurrirá?
2. Mezclar agua con pimienta y jabón. ¿Qué ocurrirá?
3. En un recipiente con agua poner una moneda. ¿Qué ocurrirá? ¿Y si añadimos jabón? En el mismo recipiente con agua añadir un clip. ¿Qué ocurrirá? ¿Y si añadimos jabón?
4. Añadimos en un recipiente leche/cola blanca con colorante y jabón. ¿Qué ocurrirá?

Para llevar a cabo los experimentos cada grupo contaba con una ficha con todos los materiales, pasos a seguir, etc. Y, al mismo tiempo que se iban realizando los experimentos, los alumnos cumplimentaban la rutina de pensamiento "Veo, Pienso, Me pregunto".

Con estas actividades se daría por concluida la sesión 1, por lo que proseguimos explicando la sesión 2.

En la primera parte de esta sesión, los alumnos realizaron una investigación acerca del experimento grupal llevado a cabo en la sesión anterior y de las preguntas planteadas en la rutina "Veo, Pienso, Me pregunto". Para la investigación los alumnos contaban con una Tablet por grupo y cada miembro del grupo debía rellenar un guion pautado (¿cuál es nuestro experimento?, ¿en qué consistía?, ¿qué es la tensión superficial?, ¿en qué consiste?, ¿cuáles son las preguntas que nos planteamos en la rutina?, ¿qué he investigado acerca de ellas?, conclusión) que después emplearía para la siguiente actividad. Tras la investigación, se procedió a realizar exposiciones en mesas redondas, usando de apoyo el guion completado durante la investigación, y durante las mismas los alumnos se iban coevaluando con una lista de control.

Finalizadas las exposiciones, de manera individual se llevó a cabo la rutina de pensamiento "Conectar-Ampliar-Desafiar", pero debido a la dificultad de la misma, el segundo grupo de 6º de EP realizó la rutina "Antes pensaba...Ahora pienso" que es más sencilla y aborda los mismos movimientos de pensamiento.

Acabada la primera parte de la sesión, se pasó a realizar, en grupos cooperativos, la rutina de pensamiento "Titular" a modo de recopilación de todo lo trabajado a lo largo de la propuesta.

Y, por último, se llevaron a cabo las actividades de evaluación final que coinciden con las de evaluación inicial, es decir, se repitió la lluvia de ideas y la rutina de pensamiento "Puntos de la brújula".

Después de cada actividad o rutina de pensamiento, si había tiempo se comentaba entre todos para que los alumnos vieran otras visiones o perspectivas relacionadas con la tensión superficial, permitiéndoles reflexionar sobre otras formas de abordar el fenómeno.

### 3.3 Técnicas e instrumentos de recogida de datos

Para este estudio se han empleado diversas técnicas e instrumentos de recogida de datos.

Comenzando con las técnicas, podemos destacar:

- La observación participante nos permitió obtener información real y directa que se estaba produciendo en un determinado momento del contexto. Del mismo modo, mencionamos que fue directa porque la investigadora, al encontrarse dentro del contexto, fue quien la llevó a cabo. Asimismo, esta técnica se realizó a lo largo de toda la intervención recopilando la información que se consideraba destacable para su posterior análisis. Dicha información se fue recogiendo en las listas de control.
- El análisis documental se empleó para el análisis de las producciones de los alumnos recogidas en los organizadores gráficos.

Respecto a los instrumentos destacamos:

- Los organizadores gráficos (rutinas de pensamiento) junto con las rúbricas, empleadas para evaluar distintas actividades tanto individuales (resto de actividades), como grupales (rutinas "Veo, Pienso, Me pregunto" y "Titular"). Es preciso señalar que los organizadores gráficos hacen referencia a las rutinas de pensamiento entregadas a los alumnos de manera impresa, y la información aportada por ellos es la recogida y analizada posteriormente.
- Las hojas de registro. Se recogen datos de manera colectiva al finalizar las lluvias de ideas y la rutina "Titular".
- Listas de control. El investigador recoge información de cada uno de los grupos de trabajo y, de manera individual por parte de los alumnos para realizar la coevaluación en la actividad de la exposición oral.

### 3.4 Análisis de datos

Para el análisis de datos, se empleó una categorización teniendo en cuenta dos vertientes: la vertiente del pensamiento (movimientos de pensamiento) y la vertiente de la adquisición del contenido. En la Tabla 2 se muestran las categorías definidas.

Tabla 2  
Categorización del análisis de datos

	Categoría	Código	Descripción
<b>Movimientos de pensamiento</b>	<b>Razonar con evidencias</b>	<b>RE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nivel 1. No se ha conseguido. No ha sido capaz de razonar con las evidencias que proporcionaba el elemento protagonista de la rutina.</li> <li>– Nivel 2. Mínimo nivel de logro. Ha sido capaz de detectar las evidencias que proporcionaba el elemento protagonista de la rutina, pero no ha ido capaz de razonar con ellas.</li> <li>– Nivel 3. Nivel de logro medio. Ha sido capaz de razonar con algunas de las evidencias que proporcionaba el elemento protagonista de la rutina.</li> <li>– Nivel 4. Máximo nivel de logro. Ha sido capaz de razonar con las evidencias que proporcionaba el elemento protagonista de la rutina.</li> </ul>
	<b>Tomar decisiones y planear</b>	<b>TDP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nivel 1. No se ha conseguido. No es capaz de tomar sus propias decisiones y planear la actividad.</li> <li>– Nivel 2. Mínimo nivel de logro. Es capaz de tomar pocas de sus propias decisiones y de planear la actividad.</li> <li>– Nivel 3. Nivel de logro medio. Es capaz de tomar casi todas sus decisiones y de planear la actividad.</li> <li>– Nivel 4. Máximo nivel de logro. Es capaz de tomar sus propias decisiones y planear la actividad.</li> </ul>
	<b>Establecer conexiones</b>	<b>EC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nivel 1. No se ha conseguido. No establece ninguna conexión entre los elementos de la rutina.</li> <li>– Nivel 2. Mínimo nivel de logro. Establece conexiones entre algunos de los elementos de la rutina.</li> <li>– Nivel 3. Nivel de logro medio. Establece conexiones entre todos los elementos de la rutina.</li> <li>– Nivel 4. Máximo nivel de logro. Establece conexiones entre los elementos de la rutina y sus aprendizajes previos.</li> </ul>

<p><b>Preguntarse y hacer preguntas</b></p>	<p><b>PHP</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nivel 3. Nivel de logro medio. Ha sido capaz de hacerse 2 preguntas en torno al elemento protagonista de la rutina.</li> <li>– Nivel 4. Máximo nivel de logro. Ha sido capaz de hacerse 3 preguntas en torno al elemento protagonista de la rutina.</li> </ul>
<p><b>Construir explicaciones e interpretaciones</b></p>	<p><b>CEI</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nivel 1. No se ha conseguido. No construye explicaciones e interpretaciones sobre las características de los elementos protagonistas de la rutina.</li> <li>– Nivel 2. Mínimo nivel de logro. Construye explicaciones e interpretaciones sobre las características más destacables a simple vista de los elementos protagonistas de la rutina.</li> <li>– Nivel 3. Nivel de logro medio. Construye explicaciones e interpretaciones sobre la mayoría de las características de los elementos protagonistas de la rutina.</li> <li>– Nivel 4. Máximo nivel de logro. Construye explicaciones e interpretaciones sobre todas las características de los elementos protagonistas de la rutina.</li> </ul>
<p><b>Identificar patrones y hacer generalizaciones</b></p>	<p><b>IPHG</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nivel 1. No se ha conseguido. Ni identifica patrones ni generaliza la información de la rutina.</li> <li>– Nivel 2. Mínimo nivel de logro. Identifica algunos patrones, pero no generaliza la información de la rutina o bien, no identifica patrones, pero sí generaliza la información de la rutina.</li> <li>– Nivel 3. Nivel de logro medio. Identifica algunos patrones y generaliza la información de la rutina.</li> <li>– Nivel 4. Máximo nivel de logro. Identifica todos los patrones posibles y generaliza la información de la rutina.</li> </ul>
<p><b>Captar lo esencial y llegar a conclusiones</b></p>	<p><b>CEC</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nivel 1. No se ha conseguido. Ni ha captado lo esencial ni ha llegado a establecer conclusiones.</li> <li>– Nivel 2. Mínimo nivel de logro. Ha captado lo esencial pero no ha llegado a establecer conclusiones.</li> <li>– Nivel 3. Nivel de logro medio. Ha captado casi todos los elementos esenciales y ha llegado a establecer conclusiones.</li> <li>– Nivel 4. Máximo nivel de logro. Ha captado lo esencial y ha llegado a conclusiones.</li> </ul>

	<b>Reflexionar y fomentar la metacognición</b>	<b>RFM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nivel 1. No se ha conseguido. No reflexiona sobre el contenido, las aportaciones de sus compañeros, ni su aprendizaje.</li> <li>– Nivel 2. Mínimo nivel de logro. Reflexiona sobre algo del contenido, algunas de las aportaciones de sus compañeros y su aprendizaje.</li> <li>– Nivel 3. Nivel de logro medio. Reflexiona sobre casi todo el contenido, la mayoría de las aportaciones de sus compañeros y su aprendizaje.</li> <li>– Nivel 4. Máximo nivel de logro. Reflexiona sobre todo el contenido, todas las aportaciones de sus compañeros y su aprendizaje.</li> </ul>
<b>Contenido</b>	<b>Aprendizaje inicial</b>	<b>Concepto de tensión superficial</b>	<b>CTS1</b>
	<b>tensión superficial</b>	<b>Relación del concepto con la realidad y situaciones cotidianas</b>	<b>RR1</b>
	<b>Aprendizaje final</b>	<b>Concepto de tensión superficial</b>	<b>CTS2</b>
	<b>tensión superficial</b>	<b>Relación del concepto con la realidad y situaciones cotidianas</b>	<b>RR2</b>

*Nota:* Esta tabla presenta los niveles basados en la rúbrica, propuesta por García et al. (2017) (Anexo 1), formulados para cada movimiento de pensamiento.

Como se ha podido ver en la Tabla 2, el análisis de las producciones de los alumnos se ha hecho mayoritariamente mediante rúbricas (Anexo 1), indicando en cada caso en qué nivel de logro se encuentra cada uno de los discentes en función del movimiento de pensamiento o contenido analizado y la actividad. Concretamente son 3 rúbricas empleadas para el análisis. Estas se han empleado en aquellos momentos en los que se pretendía analizar y evaluar los distintos movimientos de pensamiento que recogen las mismas. La rúbrica 3 ya validada y empleada en distintas investigaciones (García et al., 2017), la rúbrica 2 generada en base a la rúbrica 3 en la que se incluyen los movimientos del pensamiento que se desarrollan en la rutina “Veo, Pienso, Me pregunto” y la rúbrica 1 que incluye movimientos del pensamiento que no incluyen las anteriores. El conjunto de estas tres rúbricas permite analizar todas las cuestiones de interés para la investigación algo que no se podría conseguir eliminando alguna de ellas. Finalmente, para complementar y triangular la información recogida en las rúbricas se han analizado los registros tomados mediante las listas de control y las hojas de registro.

En síntesis, para el análisis de los datos recogidos se fue analizando uno a uno los resultados recogidos en cada instrumento por cada alumno en cada una de las categorías (las actividades grupales también se tuvieron en cuenta). Se realiza el análisis de forma individual, pues la mayor parte de los datos se ha recogido de esta forma y se considera más interesante estudiar el nivel de logro de cada uno de los niños y niñas. Se partió de la actividad de evaluación inicial, se analizaron las actividades intermedias y por último se compararon resultados con la actividad final.

## **4. Resultados y discusión**

### **4.1 Movimientos de pensamiento**

Antes de presentar el análisis de los resultados de los distintos movimientos del pensamiento trabajados se estima oportuno recordar la procedencia de dichos datos. De cada uno de los alumnos, a través de las rúbricas y listas de control individuales diseñadas, se ha podido establecer un nivel de logro relativo a la adquisición del movimiento del pensamiento estudiado en cada una de las actividades realizadas. Para estudiar la evolución en el desarrollo de estas habilidades en el alumnado se han realizado gráficos que nos han permitido comparar entre la primera actividad en la que se trabajó de forma explícita un movimiento del pensamiento determinado y la última.

En base a estas directrices pasamos a presentar los resultados que han mostrado los alumnos en el desarrollo de los movimientos del pensamiento abordados.

#### **Razonar con evidencias (RE)**

En la Figura 3A se observa que el punto de partida de los alumnos en cuanto a este movimiento de pensamiento (RE) es muy bajo o incluso nulo (Nivel 1. No se ha conseguido – Nivel 2. Mínimo nivel de logro). Sin embargo, en la última actividad de la propuesta que trabaja RE, la evolución registra una mejora, como se puede observar en esa misma figura.

#### **Tomar decisiones y planear (TDP)**

Respecto al movimiento del pensamiento TDP, inicialmente el alumnado se encontraba en niveles de logro medio (Nivel 2), situación que mejora notablemente tras el trabajo con el diseño didáctico (Ver Figura 3B), viéndose como los alumnos se sitúan entre el Nivel 3. Nivel de logro medio y Nivel 4. Máximo nivel de logro.

#### **Establecer conexiones (EC)**

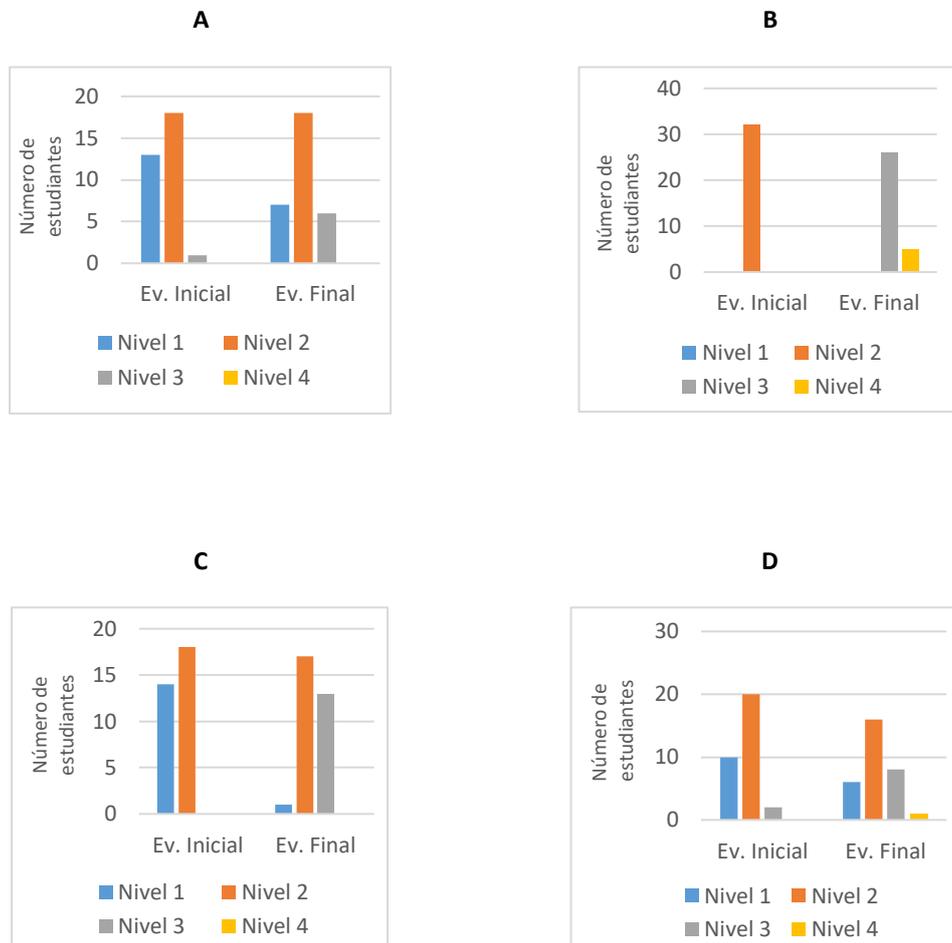
Tal y como muestra la Figura 3C el patrón se repite y, en un principio, todos los alumnos presentan un nivel bajo (entre 1 y 2) en el desarrollo del movimiento del pensamiento EC. Esta situación mejora tras su trabajo explícito durante la intervención, pues como se puede contemplar en la figura, muchos alumnos se mantienen en el nivel 2. Mínimo nivel de logro, pero otros muchos se desplazan hasta el nivel 3. Nivel de logro medio. Asimismo, importante señalar que durante la propuesta había variaciones de niveles, subiendo y bajando los mismos en las diferentes actividades.

#### **Preguntar y hacerse preguntas (PHP)**

Al principio de la propuesta didáctica se aprecia (Figura 3D) como los alumnos presentan un nivel bajo de logro (Nivel 1. No se ha conseguido – Nivel 2. Mínimo nivel de logro) en el desarrollo

del movimiento del pensamiento PHP, pero tras la implementación de la intervención este nivel se ve incrementado.

Figura 3  
Gráficas para el estudio de los movimientos del pensamiento RE, TDP, EC y PHP



### Construir explicaciones e interpretaciones (CEI)

Como se refleja en la Figura 4A, los alumnos se situaban en niveles variables (entre el 1, 2 y 3) respecto al movimiento de pensamiento CEI. Esto evoluciona hasta tal punto que la mayoría de los alumnos al finalizar la propuesta se sitúan en el nivel 2. Mínimo nivel de logro. A pesar de ello, se puede afirmar que este movimiento se ha desarrollado a lo largo de la intervención.

### Identificar patrones y hacer generalizaciones (IPHG)

En la Figura 4B se contempla que el punto de partida del alumnado respecto a este movimiento de pensamiento (IPHG) es inferior, situándose en el Nivel 1. No se ha conseguido y Nivel 2. Mínimo nivel de logro. Sin embargo, esta situación sufre una mejoría consiguiendo los alumnos aumentar de nivel (Nivel 2. Mínimo nivel de logro y Nivel 3. Nivel de logro medio). Además, destacar que el contenido de la tensión superficial, al tratarse de un fenómeno complejo y abstracto, es más complicado identificar patrones y hacer generalizaciones.

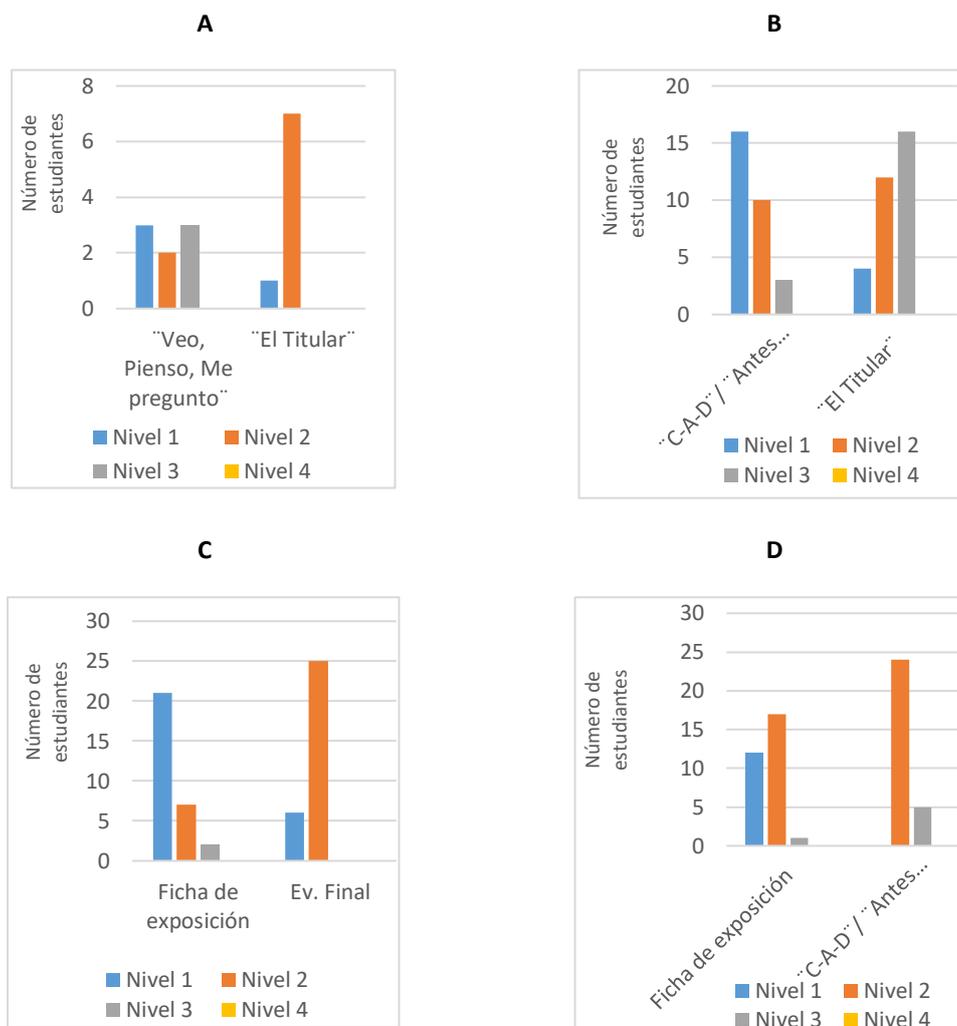
### Captar la esencial y llegar a conclusiones (CEC)

Respecto al movimiento del pensamiento CEC, en un primer momento se puede observar en la Figura 4C como algunos alumnos presentan una mayor capacidad de pensamiento (Nivel 3. Nivel de logro medio), mientras que otros al no esforzarse en sacar adelante las actividades presentan un nivel inferior o nulo (Nivel 1. No se ha conseguido – Nivel 2. Mínimo nivel de logro). A pesar de ello, al finalizar la propuesta se observa que el movimiento de pensamiento CEC ha sufrido una ligera subida (Nivel 2. Mínimo nivel de logro), como se puede ver en la figura indicada.

### Reflexionar y fomentar la metacognición (RFM)

Al inicio de la propuesta (Figura 4D) los alumnos se encuentran en niveles inferiores (Nivel 1. No se ha conseguido – Nivel 2. Mínimo nivel de logro) en el desarrollo del presente movimiento de pensamiento, pero al final de la intervención este nivel se ve incrementado (Nivel 2. Mínimo nivel de logro – Nivel 3. Nivel de logro medio).

Figura 4  
Gráficas para el estudio de los movimientos del pensamiento CEI, IPHG, CEC y RFM



A partir del análisis anterior, se puede afirmar que los resultados de este estudio coinciden con Tishman y Palmer (2005) cuando hacen referencia a las representaciones observables de los

alumnos. Hemos podido documentar y apoyar el desarrollo de ideas, preguntas, razones, etc., observándose claramente, como se ha mostrado en las Figuras 3 y 4, un incremento del nivel de logro de pensamiento en los diferentes movimientos de pensamiento abordados a lo largo de la propuesta. Además, estos autores, como se ha mencionado en el marco teórico, señalaban que el desarrollo del pensamiento visible se podía comprobar a través de las representaciones observables que se obtuvieran, por lo que se afirma que, mediante esas representaciones conseguidas de los alumnos, se ha podido evaluar ese desarrollo del pensamiento.

Si nos centramos en la actividad de los experimentos y la rutina de pensamiento “Veo-Pienso-Me pregunto”, se puede observar cómo los alumnos al ser protagonistas de la experimentación han conseguido niveles de logro más altos, ya que se encontraban ante situaciones en las que tenían que desarrollar y poner en juego los movimientos de pensamiento y, hacerlo visible realizando la rutina de pensamiento. Esta idea viene respaldada por Gil y Bartolomé (2023), quienes defienden que la experimentación fomenta el pensamiento y que, si se hace visible, se puede ver su importancia y beneficios.

Del mismo modo, algunos movimientos de pensamiento se han visto más desarrollados cuando se trabajaba de manera grupal que cuando se hacía de manera individual, y a la inversa. Se comprobó también que la rutina de pensamiento “Conectar-Ampliar-Desafiar” presentaba dificultad para los alumnos, por lo que un grupo de 6º realizó esta rutina, obteniendo un nivel de logro respecto a ciertos movimientos de pensamiento inferiores al otro grupo de 6º que realizó la rutina de pensamiento “Antes pensaba...Ahora pienso” que era más sencilla y abordaba los mismos movimientos de pensamiento que la otra rutina de pensamiento.

Por último, destacar que no se contaba con el tiempo necesario para dejar espacio al alumno para pensar y reflexionar de manera adecuada y, aunque el tiempo destinado a las reflexiones ha sido el máximo posible, idealmente debería haber sido mayor. Esta afirmación la podemos relacionar con las 8 fuerzas culturales propuestas por Ritchhart (2015), ya que el tiempo forma parte de ellas y si no hubiera existido la limitación temporal, pensamos que el alumnado podría haber alcanzado un nivel de logro superior en el desarrollo de los movimientos del pensamiento.

#### **4.2 Adquisición del contenido**

Finalizado el análisis de resultados relativos a los movimientos de pensamiento desarrollados a lo largo de la propuesta, pasamos a ver el análisis de resultados con respecto a la adquisición del contenido abordado en la propuesta.

En este análisis se han tenido en cuenta las ideas previas sobre la tensión superficial (actividades de evaluación inicial) y los aprendizajes finales (actividades de evaluación final) de manera grupal. En ambas situaciones se tuvo en cuenta el concepto de tensión superficial y, su relación con la realidad en situaciones cotidianas.

La actividad inicial consistió en hacer visible las ideas previas de los alumnos con respecto al contenido a través de la respuesta de varias preguntas (ver en el epígrafe 3.2 diseño didáctico), algunas de las cuales relacionadas con su vida diaria. En esta primera toma de contacto se pudo ver que las ideas que presentaban los alumnos respecto a la tensión superficial no estaban formadas, ni se asemejan a la realidad.

Algunas de las respuestas literales emitidas por los alumnos a las preguntas fueron:

1. Tensión bajo tierra // Tensión que crea algo encima de algo // Tensión al juntar cosas // Tensión del aire // Agua más sólida // Agua que está tensa // La superficie está tensa.

2. Se hunde // Rebotar y hundirse → porque pesa // Por la fuerza al lanzarla // Por el peso y porque es una piedra // Por el ángulo con lo que lo tires y la piedra tiene que ser plana // Rebotar (pesa menos la piedra que el agua) // Salpicar // Rebota por la tensión // La roca rompe el agua, dejando un espacio entre el agua y la piedra.
3. Están encima del agua por el cloro // Por su peso, que hace que flote // Flotan porque están muertos // Flotan para beber agua // Flotan porque son acuáticos // Están encima del agua para nadar // Están encima del agua para descansar // Pesan menos que el agua // Oxígeno // Por la tensión del agua.
4. Se quedan encima del agua porque tienen aire // Flotan porque no tienen peso // Flotan porque las pompas están rellenas de agua // Oxígeno "estrujado" dentro del agua // Pesa menos que el agua // Por la tensión superficial // Por la densidad.
5. Las gotas son un conjunto de agua // Las gotas se forman al cerrar el grifo // Las gotas se forman al juntar el agua que queda // Las gotas se forman por la rejilla del grifo, que le da esa forma // Las gotas se forman por los restos de agua // Por el flujo de agua // Por el frío // Por la tensión superficial // Tirando agua al aire y luego caen las gotas como si lloviese // Cuando lanzas poca agua // Por la lluvia // División del agua con el aire // Poca cantidad de agua // Condensación del agua (ciclo del agua).

De estas ideas se puede deducir que los alumnos no habían escuchado nunca este término y que no se había trabajado previamente en el aula. Asimismo, las respuestas que iban dando eran en función de sus experiencias previas o suposiciones, recalcando aún más que los alumnos desconocían este fenómeno.

Con posterioridad se procedió al visionado de dos vídeos extrayendo los alumnos las siguientes ideas (transcripción literal de las ideas de los alumnos).

- Moléculas que hacen que el agua aguante cosas y otro líquido no.
- Moléculas sobre la superficie y se juntan.
- Atracción de moléculas.
- Densidad de los fluidos.
- Fuerza entre moléculas. Capa de fuerzas.
- Moléculas que se aguantan entre sí.
- Moléculas libres se juntan y hacen fuerza para que no entre nada en el agua.

De esto podemos extraer, como se ha mencionado, que en un principio los alumnos no sabían nada relativo a la tensión superficial, ni siquiera habían oído hablar de ello. Tras el visionado de los vídeos, los alumnos adquirieron un concepto más próximo a lo que es la tensión superficial, dando a entender que, de cierta manera, en los momentos del vídeo sí que se prestó atención a las explicaciones en ellos dadas. Aun así, en este momento se considera que la adquisición del contenido no es la adecuada, por lo que se espera a la finalización de la propuesta para comprobar el grado de desarrollo del contenido por parte de los alumnos.

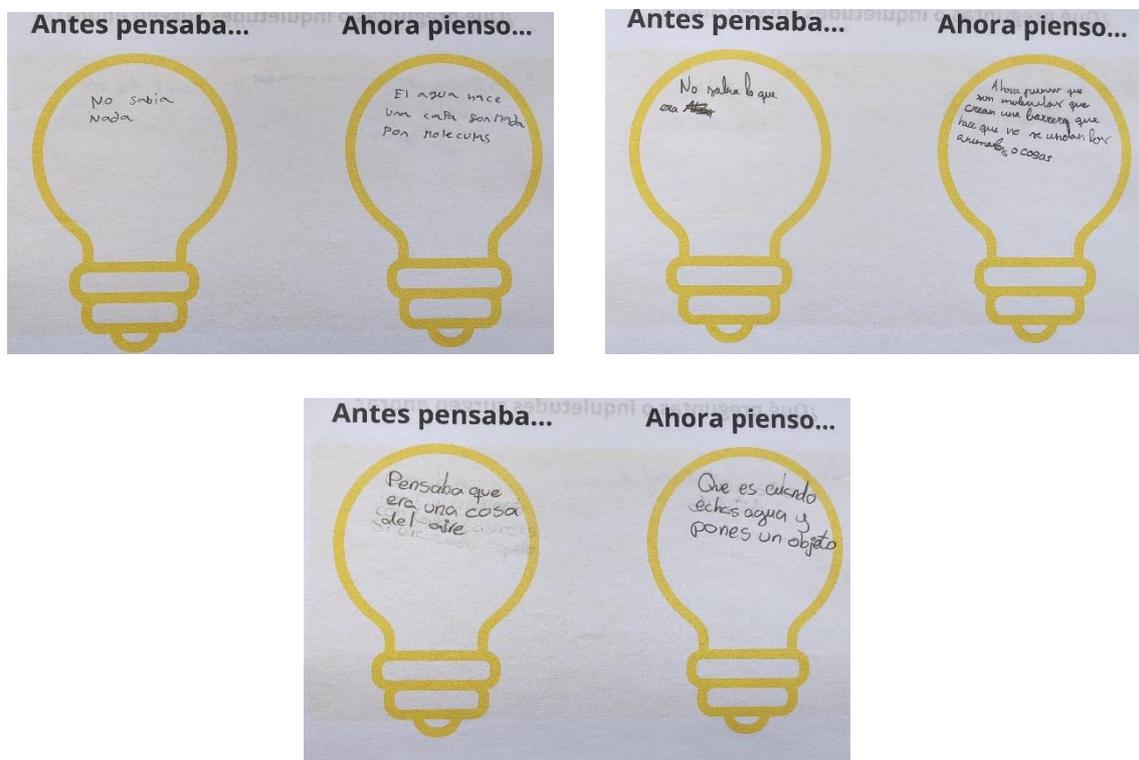
Asimismo, al analizar las observaciones llevadas a cabo durante estas actividades de evaluación inicial, podemos destacar que los grupos 1 y 3 se interesaron mucho por el tema planteando diversas preguntas como: "¿qué vamos a hacer?", "¿para qué sirve la tensión superficial?", "¿por qué flotamos?", "¿está todo descubierto científicamente?", mientras que el grupo 2 se bloqueó en un momento dado, mencionando "somos de mente cerrada" y pidiendo consejo para resolver ciertas dudas del contenido.

Por todo ello, se puede afirmar que los alumnos, en estas actividades de evaluación inicial, no sabían dar una definición correcta o aproximada de la tensión superficial y menos aún relacionar el contenido con la realidad y situaciones cotidianas.

A través de las actividades siguientes, se pretendía que los alumnos adquirieran e interiorizaran el contenido a trabajar y, sobre todo, reconocieran este fenómeno en su vida cotidiana.

A lo largo de estas actividades se ha visto cómo los alumnos han mejorado el aprendizaje del contenido (Figura 5), aunque algunos de ellos se han limitado a copiar literalmente la información que venía recogida en Internet o de sus compañeros (estas producciones no se han tenido en cuenta en el análisis de resultados). Este aspecto perjudica al alumnado ya que se no se centra en la información y es más complicado retenerla, comprenderla y aprenderla. Del mismo modo, han contado con momentos en los que podían hablar entre ellos sobre el contenido y llevaron a cabo una coevaluación durante las exposiciones.

Figura 5  
Ejemplo de mejora del aprendizaje del contenido



En estos ejemplos se puede observar como a través de la rutina de pensamiento “Antes pensaba...Ahora pienso”, los alumnos han mejorado su aprendizaje del contenido respecto al principio.

En el momento de las exposiciones de las investigaciones se llevó a cabo una observación superficial, quedando registradas en una lista de control. A rasgos generales se puede destacar que los grupos 1, 2, 3 y 4 explicaban el contenido de forma superficial sin abordar el concepto con rigor científico, por lo que demuestra que no dominaban del todo bien el mismo, aunque varios de los alumnos como el 1, el 2 y el 6, entre otros, hicieron la exposición sin soporte físico. En cambio, los grupos 5, 6, 7 y 8 explicaban el contenido leyendo la ficha, lo que indica que no lo controlaban.

Además, los alumnos llevaron a cabo una coevaluación durante dichas exposiciones, de la cual se puede extraer que los alumnos valoraban de manera muy objetiva a sus compañeros. La mayoría de los alumnos se habían preparado la exposición y, aunque no dominaban muy bien

el contenido, explicaban bien su experimento, utilizaban el soporte físico y empleaban un lenguaje sencillo y claro para las explicaciones.

En algunos casos, la coevaluación revela que ciertos alumnos no dominaban el contenido. Así pues, algunos alumnos han anotado en observaciones que el compañero o compañera *“tiene que mirar más a la gente”*, *“está mirando la hoja”*, *“se lía un poco”*, dando a entender que este alumno miraba mucho el soporte físico y, por lo tanto, no era capaz de presentar el contenido sin recurrir a los apuntes. Del mismo modo, hay observaciones positivas hacia los compañeros como *“muy bien”*, *“perfecto”*, *“mueve las manos”* (lenguaje corporal), demostrando en esas observaciones que esos alumnos estaban llevando a cabo muy bien la exposición y, por lo tanto, que dominaban el contenido.

Respecto a la actividad *“El Titular”* se puede ver cómo la mayoría de los grupos no fueron capaces de sintetizar del todo el contenido trabajado en la propuesta. La mayoría de los grupos hacía titulares muy básicos sin profundizar en la tensión superficial, e incluso algunos grupos se copiaron de otros, por lo que, una vez más, se demuestra que los alumnos han aprendido algo del contenido, pero no lo suficiente.

Por último, se pasa a analizar el progreso del contenido en las actividades de evaluación final. En este momento se debe ver una progresión del aprendizaje del contenido con respecto al inicio de la propuesta, es decir, a las actividades de evaluación inicial. Se repitió la lluvia de ideas, obteniendo las siguientes respuestas transcritas de lo comunicado por el alumnado:

1. La capa de arriba de agua, más fuerte que la de abajo // Fuerza del agua que se produce cuando hay moléculas // Unión entre moléculas // Moléculas de un líquido que se atraen // Cuántas más moléculas hay arriba, más tensión superficial // Grupo de moléculas que hacen barrera que hace que los objetos de menos de 10 kg floten // Grupo de moléculas unidas y las que no se hunden hacen fuerza para que floten cosas // Grupo de moléculas unidas donde en la superficie se hace fuerza y crea una red.
2. Se hunde depende // Si la piedra es redonda y plana rebota por la tensión superficial, porque no la rompe // Rebota porque es plana y pesa poco // Por las moléculas del agua y la piedra, que rebotan // Porque pesa poco // Por la tensión superficial // Se tira recto para que la tensión superficial actúe y rebote la piedra.
3. El bicho flota para aprender a nadar // Porque los bichos pesan poco y al posarse en el agua, la tensión superficial puede sostenerles // Los bichos pesan menos que el agua // Porque las patas llevan moléculas // Los bichos acuáticos tienen moléculas en las patas que le permiten andar y cazar en el agua // Porque tienen oxígeno dentro // Por la tensión superficial // Tienen el peso distribuido entre las patas.
4. Las pompas son tan ligeras que la tensión superficial las soporta // Porque tienen jabón // El jabón lleva moléculas que le permite flotar // Pompa como cápsula de oxígeno y flota para no romperse // El jabón tiene moléculas que se unen a las moléculas del agua // El jabón tiene distinta densidad y al tener aire dentro, le permite flotar.
5. Las moléculas se juntan por la tensión superficial // Por la unión de moléculas // Moléculas que se separan del agua // Por la tensión superficial // Se forma porque es poca agua // Por el peso de las moléculas // La aerodinámica del agua, al coger velocidad al caer, coge esa forma // Se juntan moléculas.

Como se puede comprobar, ha existido una evolución del aprendizaje por parte de los alumnos, ya que las ideas proporcionadas por ellos fueron más complejas y completas en comparación con las ideas de la evaluación inicial. Además, se aprecia una mayor comprensión del fenómeno de la tensión superficial.

A pesar de todo, hay varios aspectos para tener en cuenta respecto al contenido. Aunque han adquirido ideas principales, consideramos que no han llegado a un nivel alto de comprensión, pues en ocasiones los alumnos confundían la tensión superficial con la densidad de agua.

Del mismo modo, se demuestra que el aprendizaje del contenido se ha visto favorecido a través del desarrollo de diversos movimientos de pensamiento como establecer conexiones, identificar nuevas ideas o razonar con evidencias. Por ejemplo, mediante la información recogida en los instrumentos, los alumnos han establecido conexiones entre su entorno y la tensión superficial (los insectos moviéndose en la superficie del agua de la piscina). Esto ha permitido a los alumnos ir creando nuevas ideas a través de la comunicación entre los compañeros, las búsquedas en Internet, el visionado de los vídeos, etc., consiguiendo que, poco a poco, fueran construyendo el concepto de tensión superficial y que, además, lo pudieran generalizar y extrapolar a contextos cotidianos.

Con todo, se puede afirmar que los alumnos, de manera general, en estas actividades de evaluación final, supieron dar una definición correcta o aproximada de la tensión superficial y relacionar el contenido con la realidad y situaciones cotidianas.

A partir del análisis anterior, se puede afirmar que los resultados de este aspecto coinciden con Santamaría-Domínguez et al. (2023) cuando hacen referencia a que la Educación Primaria es esencial en la formación del alumnado, ya que en esta etapa se produce la base de la educación científica. Estas autoras también defienden que es importante saber cómo acceden al contenido, conocer el nivel de conocimiento previo, la predisposición del alumnado hacia el aprendizaje y cómo transfieren el mismo a la realidad. En todo momento, a lo largo del estudio, se ha tenido en cuenta cómo los alumnos accedían a la temática abordada, se ha partido de sus conocimientos previos, se ha motivado al alumnado a través de las diferentes actividades para que este obtuviera interés hacia el aprendizaje y, además, han podido relacionar la tensión superficial con aspectos de su vida cotidiana.

## 5. Consideraciones finales

Partiendo de los resultados y del objetivo principal del estudio se puede concluir que; (1) los alumnos sí que han experimentado un desarrollo respecto a ciertos movimientos de pensamiento abordados durante la implementación de la propuesta centrada en la tensión superficial, pudiéndose observar claramente en las tablas y figuras anteriores. Esto, a su vez, nos permite concluir que la propuesta diseñada e implementada sí contribuye a la mejora del pensamiento. (2) Además de producirse un desarrollo en los movimientos de pensamiento, los alumnos han mejorado su concepción sobre el fenómeno de la tensión superficial, a pesar de la complejidad del contenido y su carácter abstracto. (3) Los instrumentos de evaluación desarrollados y empleados han favorecido la evaluación del desarrollo del pensamiento visible y del contenido. (4) Se ha podido observar cómo tanto el contenido como la gran mayoría de los movimientos de pensamiento se ha desarrollado más y mejor cuando los alumnos trabajaban de manera grupal.

Del mismo modo, se puede afirmar que la metodología empleada para este contexto ha sido fundamental para llevar a cabo el aprendizaje de la tensión superficial, así como que la misma ha permitido la comunicación y reflexión de los alumnos, permitiéndoles acercarse poco a poco a contextos reales. Teniendo en cuenta los resultados del pretest, los alumnos no habían trabajado el pensamiento en el aula, por lo que esto nos demuestra que la intervención ha sido efectiva y eficaz y se ha logrado el objetivo principal.

Por todo lo expuesto, se considera que el enfoque utilizado es novedoso ya que se aborda la alfabetización científica desde los movimientos y habilidades del pensamiento y el pensamiento científico. A través de la propuesta se consigue el desarrollo de la alfabetización científica poniendo en juego varios aspectos del pensamiento que permiten al alumnado desarrollar una forma de interpretar, analizar y reflexionar acerca de la ciencia de una manera crítica y reflexiva.

Se contribuye al desarrollo de la alfabetización científica mediante el contenido cultural de las propiedades de la materia, en concreto del agua. A través de este contenido, los alumnos han manipulado e investigado acerca de la tensión superficial alcanzando finalmente cierto grado de conocimiento hacia la misma. Asimismo, gracias al pensamiento y al contenido cultural, la alfabetización científica se ha visto fomentada de manera exponencial en los alumnos, pudiéndose observar en los resultados del estudio.

Respecto a las limitaciones del estudio, se puede considerar el tiempo del que se disponía para la implementación de la propuesta, repercutiendo este en las respuestas de los alumnos, al no contar con el tiempo suficiente para la reflexión, interiorización de contenido, planteamiento de preguntas... Del mismo modo, se puede destacar como limitación del trabajo el hecho de que en ciertos momentos algunos alumnos han copiado ideas de internet o de sus compañeros, por lo que los resultados obtenidos no han sido analizados y, por tanto, la muestra era más reducida. Otra limitación ha sido la falta de implicación, motivación y participación de los alumnos. En general fueron unos grupos muy dinámicos, con pocas ganas de participar y colaborar en la investigación, intentando boicotear la actividad. Aun así, se han conseguido realizar las actividades propuestas y recoger los datos.

Siguiendo con las limitaciones podemos mencionar el cambio de rutina de pensamiento “Conectar-Ampliar-Desafiar” por “Antes pensaba...Ahora pienso”, debido a que la primera tenía más dificultad de la segunda. A pesar de ello, este cambio no ha alterado sustancialmente los resultados ya que en ambas rutinas de pensamiento se trabajan los mismos movimientos de pensamiento.

Y, la última limitación a destacar ha sido el tema abordado en la propuesta. Se ha podido ver cómo a los alumnos les costaba entender el fenómeno de la tensión superficial, así como relacionarlo con ideas previas o generalizarlo a contextos reales y cotidianos. Esto quizá es debido a que el tema es algo abstracto y complejo.

Para concluir, se podría añadir que este estudio es útil para ser conscientes de la importancia que tiene el enfoque del pensamiento visible en la formación y desarrollo integral de las personas y que, por tanto, es preciso comenzar a fomentarlo cuanto antes, para conseguir alumnos mejores y más formados y, del mismo modo, es útil para ayudar a docentes y futuros docentes a animarse a introducir el pensamiento en su aula, independientemente del curso en el que se encuentren, con el fin de ir mejorando, poco a poco, su práctica docente y la formación de sus alumnos. Esta incorporación del pensamiento se puede hacer de manera progresiva, empleando rutinas de pensamiento en el aula acompañadas del contenido a trabajar, mediante preguntas en algunas actividades, etc.

## Referencias

- Blackwood, O., Kelly W. y Bell R.M. (1978). *Física general*. Editorial CECSA.
- Cañas, M. y Pinedo, R. (2022). *Cómo crear una cultura del pensamiento en el aula. Pensamiento visible para la docencia*. Universidad de Valladolid.

- García, N., Cañas, M. y Pinedo, R. (2017). Métodos de evaluación de rutinas de pensamiento: aplicaciones en diferentes etapas educativas. En J. C. Núñez, J. J. Gázquez, M. C. Pérez-Fuentes, M. Molero, A. Martos, A. B. Barragán y M. M. Simón (Eds.). *Temas actuales de investigación en las áreas de la Salud y la Educación* (pp.237-243). SCINFOPER.
- García, N., Pinero, R., Vallés, C. y Gil, C. (2017). Metodologías activas y pensamiento visible en educación. En A. Díaz-Román y A. Cameiro-Barrera (Eds.). *Avances en Ciencias de la Educación y del Desarrollo* (pp. 895-901). Asociación Española de Psicología Conductual (AEPC).
- García-Marigómez, C., Ortega-Quevedo, V. y Gil, C. (2023). Teaching and learning geology as a way to develop thinking and encourage positive attitudes towards science. *REIDOCREA*, 12(19), 242-260. <https://www.ugr.es/~reidocrea/12-19.pdf>
- Gil, C. y Bartolomé, A. (2022). Visibilizar el pensamiento a través de la enseñanza de las ciencias experimentales en Educación infantil. *Revista Eureka*, 19(1), 120100-120120. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2022.v19.i1.1201](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1201)
- Johnson, D. W. y Johnson, R. T. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Paidós.
- Lederman, N. G. (2018). La siempre cambiante contextualización de la naturaleza de la ciencia: documentos recientes sobre la reforma de la educación científica en los Estados Unidos y su impacto en el logro de la alfabetización científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(2), 5-22.
- Ministerio de Educación y Formación Profesional (2020). Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *BOE*, 340, de 30 de diciembre, 122868-122953.
- Morales, M. Y. y Restrepo, I. (2015). Hacer visible el pensamiento: alternativa para una evaluación para el aprendizaje. *Infancias Imágenes*, 14(2), 89–100. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.infimg.2015.2.a06>
- Moreira, M. (1993). Sobre la enseñanza del método científico. *Memoria REF VIII*, 3-12.
- Ortega-Quevedo, V., Gil, C. y Vallés, C. (2022a). Decisiones científico-tecnológicas y equilibrios en la ciencia y la tecnología. Una propuesta basada en el desarrollo del pensamiento. *Investigaciones em Ensino de Ciências*, 27(1), 223-244. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n1p223>
- Ortega-Quevedo, V., Gil, C. y Vallés, C. (2023). Construcción social de la tecnología: Una experiencia para el desarrollo del pensamiento crítico y la naturaleza de la ciencia y la tecnología. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 31(1), 15-29. <https://doi.org/10.30722/IJISME.31.01.002>
- Ortega-Quevedo, V., Gil, C. y Vallés, C. (2022b). La enseñanza de la energía en sexto de Educación Primaria. *ENSAYOS. Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, 37(1), 83–101. <https://revista.uclm.es/index.php/ensayos/article/view/3058>
- Pereira, S., Rodrigues, M. J., & Vieira, R. M. (2019). Scientific literacy in the early years – practical work as a teaching and learning strategy. *Early Child Development and Care*, 190, (1), 64-78. <https://doi.org/10.1080/03004430.2019.1653553>
- Perkins, D. (2001). ¿Cómo hacer visible el pensamiento? En *Escuela de Graduados en Educación de la Universidad de Harvard*. Cambridge, Massachusetts.
- Perkins, D. (2016). *Educar para un mundo cambiante*. Ediciones SM.

- Pozo, J. I. (1999). *Aprendices y Maestros: la nueva cultura del aprendizaje*. Alianza.
- Ritchhart, R. (2015). *Creating cultures of thinking. The 8 forces we must master to truly transform our school*. Jossey Bass.
- Ritchhart, R., Church, M., y Morrison, K. (2014). *Hacer visible el pensamiento. Cómo promover el compromiso, la comprensión y la autonomía de los estudiantes*. Paidós.
- Rivera, C., Jaramillo, K. R., Lule, M., Morales, M. y Aguilar, M. G. (2022). Proyecto Zero, como movilizador de habilidades del pensamiento. *XXVII Verano de la Ciencia, Revista Jóvenes en la Ciencia*, 16, 1-7. <http://repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/7344/1/3680-Texto%20del%20art%3%adculo-12158-1-10-20220830.pdf>
- Santamaría-Domínguez, M., Jiménez-Vivas, A. y Gómez-Marcos, M. (2023). Competencia científica en Educación Primaria: diseño y validación de un instrumento. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 24, 1-14. <https://doi.org/10.14201/eks.28111>
- Showalter, V. M. (1974). What is unified science education? Program objectives and scientific literacy. *Prism II*, 2(3-4), 1-6.
- Stake, R. E. (1999). *Investigación con estudio de casos*. Morata.
- Swartz, R. J., Costa, A. L., Beyer, B. K., Reagan, R. y Kallick, B. (2013). *Aprendizaje Basado en el Pensamiento: Cómo desarrollar en los alumnos las competencias del siglo XXI*. Ediciones SM.
- Taber, K. S. (2017). Reflecting the nature of science in science education. En K. S. Taber y B. Akpan (Eds.). *Science education: an international course companion* (pp. 23-37). Sense Publishers.
- Tishman, S., y Palmer, P. (2005). Pensamiento visible. *Leadership Compass*, 2(4), 1-4. [http://vidarte.weebly.com/uploads/5/1/5/4/5154246/pensamiento\\_visible.pdf](http://vidarte.weebly.com/uploads/5/1/5/4/5154246/pensamiento_visible.pdf)
- Torres, A. (2019). Innovación o moda: las pedagogías activas en el actual modelo educativo. Una reflexión sobre las metodologías emergidas. *Voces de la educación*, 4(8), 3-16. <https://www.revista.vocesdelaeducacion.com.mx/index.php/voces/article/view/167>
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2018). Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 309-336. <https://cutt.ly/9mPw7aR>
- Vieira, R., Tenreiro-Vieira, C. y Martins, I. (2010). Pensamiento crítico y literacia científica. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 65, 96-103.
- Zareba, C. y Idoyaga, I. (2016). Una propuesta para la enseñanza de la tensión superficial en la Universidad. *Revista de Enseñanza de la Física*, 28, 297-304. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/15651>