

La velocidad de reacción a través del pensamiento visible

Ana M. Gallego Díaz. Universidad de Valladolid

Susana Quirós Alpera. Universidad Internacional de La Rioja

1. Introducción.

La medida indirecta de magnitudes, como es el caso de la velocidad escalar, obtenida a partir de la razón de una variable respecto al tiempo, plantea dificultades al alumnado. Bien en el ámbito de la Física, donde la velocidad cinemática surge de observar la variación de posición; bien en el ámbito de la Química, donde la velocidad de reacción indica la variación de concentración de un reactivo, o de un producto; ambas variaciones se relacionan con el tiempo transcurrido, desde que la sustancia se encuentra en un estado inicial, hasta que alcanza el estado final, ya sea un estado posicional o un estado de concentración. Sin embargo, la necesidad imperiosa del alumnado por resolver problemas de cálculo de velocidades mueve a aplicar una fórmula en la que subyace toda la esencia del concepto de velocidad, pero que no resulta significativa a efectos del aprendizaje.

El estudio de Fahmi e Irhasyuarna (2017) sobre las concepciones erróneas que experimentaron los alumnos, con relación al concepto de la velocidad de reacción, fueron causadas por los siguientes constructos: preconcepciones o conceptos tempranos de los alumnos, el pensamiento asociativo de los alumnos, el pensamiento humanista, el razonamiento incompleto/erróneo, la intuición errónea, la etapa de desarrollo cognitivo de los alumnos y el conocimiento de los alumnos. Los autores Annisa y Yonata (2022) emplean el enfoque de aula invertida para promover habilidades de pensamiento crítico sobre el tema de la velocidad de reacción.

Por su parte, Seçken y Seyhan (2015) evalúan el rendimiento de estudiantes de secundaria respecto a temas como “velocidad de reacción, orden de reacción, factores que afectan la reacción”, que se incluyen en la unidad “Velocidad de reacción y equilibrio químico”, dentro del programa de la asignatura de química. Para ello, utilizan tres herramientas de medición, como herramientas de recolección de datos: la “Prueba de Rendimiento en Velocidad de Reacción” (RRAT), la “Prueba Gráfica sobre Velocidad de Reacción (RRGT) y la “Escala de Ansiedad en el Uso de Gráficos” (ASUG) en problemas de química. Los participantes del estudio fueron 129 estudiantes de cuatro escuelas secundarias de Anatolia (Turquía). Los hallazgos obtenidos muestran que los participantes

obtienen puntuaciones medias más altas en RRAT, en comparación con los de RRGТ. Adicionalmente, la ansiedad de los participantes con respecto a los problemas con los gráficos resulta mayor. También se determina que existe una correlación estadísticamente significativa entre el rendimiento de los estudiantes en RRGТ y los niveles de ansiedad frente a los problemas con gráficos.

En el caso que ocupa nuestro estudio, dentro del aula de Física y Química, en el Grado de Educación Primaria, diseñamos una iniciativa para la enseñanza de la magnitud de la velocidad, que invoca a la corriente del Pensamiento Visible, proporcionando visibilidad a aquellas magnitudes fundamentales que se pueden medir directamente, como son el tiempo y la cantidad de sustancia (desde el punto de vista químico) o la longitud espacial (desde el punto de vista físico).

1.1. Pensamiento Visible.

La Didáctica de las Ciencias Experimentales explica, a través de la experimentación, ideas abstractas sobre fenómenos concretos y el Pensamiento Visible resulta de gran utilidad en esta ardua tarea. Se trata de realizar una representación observable del fenómeno en el que la velocidad se encuentra inmersa. Si la observación es el punto de partida del método científico, la representación de lo observado sería el punto de llegada del mismo método; el proceso que media entre la observación y la representación es el propio pensamiento visible.

El propósito de la corriente del pensamiento visible, establecida por Nelson Goodman (1967), es el de analizar en su contexto la capacidad intelectual del estudiante, compuesta por el aprendizaje, la ética, la creatividad, la inteligencia y el pensamiento, y fomentarla mediante el diseño de prácticas ad hoc. Hacer visible lo abstracto implica presentar evidencias observables de conceptos (Tishman & Palmer, 2005). Visibilizar el pensamiento optimiza su comprensión y fomenta el refuerzo del aprendizaje (Morales & Uribe, 2015).

Según Richhart y Perkins, en su trabajo “Making Thinking Visible” (2008), el pensamiento visible estaría anclado en seis principios fundamentales, que caracterizan su enfoque dentro del aula y que detallamos seguidamente:

- El pensamiento es el origen del aprendizaje. Comprender conceptos es una acción que se ve potenciada al pensar con detenimiento la información estudiada. El pensamiento sobre los problemas es una acción colectiva; aunque, de manera individual, los miembros del equipo, a menudo, comparten y aprovechan el conocimiento de los demás. Los sistemas de notación, el vocabulario especializado y diversas

herramientas tecnológicas, entre otros medios, ayudan a liberar memoria para tareas más complejas.

- El “buen” pensamiento no es sólo una cuestión de habilidades, sino también de disposiciones. La mentalidad abierta, la curiosidad, la atención a la evidencia, el escepticismo y la imaginación contribuyen al buen pensamiento (Perkins y Ritchhart, 2004; Perkins, Tishman, Ritchhart, Donis y Andrade, 2000), en relación, no tanto a las capacidades personales, sino a cómo cada persona las potencia. A menudo, niños y adultos infráutilizan en gran medida sus capacidades de pensamiento. En consecuencia, además de fomentar las habilidades pertinentes, la educación debe promover la apertura de miras y la curiosidad.
- El desarrollo del pensamiento es una tarea social. En las aulas, como en el mundo, existe una interacción constante entre el grupo y el individuo. Aprendemos de quienes nos rodean y de nuestro compromiso con ellos. El carácter sociocultural de las aulas y las escuelas debería garantizar que el aprendizaje reflexivo sea generalizado y no esporádico.
- Fomentar el pensamiento requiere hacerlo visible. El pensamiento ocurre principalmente en nuestra cabeza, invisible para los demás e incluso para nosotros mismos. Los pensadores eficaces hacen visible su pensamiento, lo que significa que los exteriorizan hablando, escribiendo, dibujando o mediante algún otro método.
- La cultura del aula marca el tono del aprendizaje y da forma a lo que se aprende; para ello se identifican ocho fuerzas: rutinas y estructuras de aprendizaje en el aula, lenguaje y patrones de conversación, expectativas implícitas y explícitas, asignación de tiempo, modelado por parte de los maestros y otros, el entorno físico, las relaciones y patrones de interacción, y la creación de oportunidades.
- Las escuelas deben transmitir culturas de pensamiento a los docentes. Deben ser comunidades de aprendizaje donde se den fértiles debates sobre la enseñanza, el aprendizaje y el pensamiento. Desde la administración, se debe ayudar a que los docentes dispongan del tiempo necesario para discutir sobre la enseñanza y el aprendizaje, basándose en la observación del trabajo de los estudiantes.

Relativo a este último principio fundamental, el estudio presentado por Linck, en el año 2013, sobre el pensamiento visible, incita a cimentar una sólida *cultura de pensamiento* en el entorno educativo, en base al reconocimiento de la cultura como una maestra omnipresente. La cultura en que cada uno de nosotros se desarrolla, nos provee, no sólo de técnicas, sino también de actitudes básicas de toda índole (familiares, nacionales y étnicas). Acorde a la corriente constructivista,

Vygotsky (2012) muestra el camino del aprendizaje mediante la interiorización, la cual infusa el aprendizaje individual y lo hace patente a través de la relación colectiva. El alumnado se empapa de la cultura latente de un currículo que está oculto al currículo oficial; por ello, Linck anima al profesorado a sondear esa latencia a través del pensamiento visible, para beneficiarse de ella y aunarla, en pos del aprendizaje común planificado.

1.2. Rutinas de Pensamiento.

En la actualidad, se proponen rutinas de pensamiento que consigan su visibilidad, dentro de las ocho fuerzas culturales propuestas por Ritchhart (2015), y glosadas por Pinedo y Cañas (2020), que citamos a continuación:

- Interacción: Discutir las diversas perspectivas que sobre un mismo concepto mantienen tanto los alumnos como el profesor, permite confirmar o anular los razonamientos que diverjan de la lógica y la observación.
- Expectativas: El aprendizaje aparece condicionado tanto por la proyección que del conocimiento esperan los alumnos como por los objetivos de aprendizaje que poseen los docentes. Esta fuerza se vincularía a la motivación que es intrínseca a cada uno de los estudiantes.
- Tiempo: El ritmo impuesto por la madurez del aprendizaje debe ser tenido en cuenta, en aras de conseguir un lapso para la reflexión. Las prisas en impartir conceptos, si no se acompañan con la cadencia del alumnado, caerán en saco roto o, peor aún, se asumirán carentes de significado y de manera inconexa.
- Modelado: Los patrones de conocimiento deben transmitirse adaptados al nivel e intereses del alumnado, para conectar con el aprendizaje. Si bien cualquier modelo es bueno, debe perseguirse el modelo óptimo, que se construya con facilidad y prescinda de accesorios irrelevantes.
- Oportunidades: El ambiente en el aula debe facilitar las ocasiones que pongan en valor los conocimientos, aptitudes y actitudes de todos los participantes, de manera que se pueda obtener el máximo provecho de las virtudes individuales en aras del conocimiento global.
- Lenguaje: Mediante el previo convenio sobre la acepción del concepto a tratar en el aula, empleando un simbolismo gráfico u oral, los datos empleados se convierten en información, que pueda ser comprendida por los presentes, conocedores del acuerdo lingüístico.
- Ambiente: El conjunto de componentes naturales, sociales y culturales en que se desenvuelve la clase influye en el pensamiento común relacionado con los conceptos que se transmitan, pudiendo crear una distorsión

positiva o negativa en el conocimiento, lo que debe ser detectado para encontrar la manera de sacarle provecho.

- Rutinas de pensamiento: Se trata de una serie de habilidades que se adquieren a través de sencillas prácticas, denominadas "rutinas". Estas rutinas de pensamiento se utilizan para trabajar y profundizar en la manera de pensar de los estudiantes. Según Perkins, Tishman y Jay (1998), son patrones sencillos de pensamiento que pueden ser utilizados una y otra vez, hasta convertirse en parte del aprendizaje. Algunas de estas rutinas de pensamiento se nombran mediante expresiones elocuentes como las siguientes: "Veo, pienso, me pregunto", "El semáforo", "Antes pensaba ... Ahora pienso ...", "Afirma, apoya, cuestiona". Desde el Proyecto Zero, proyecto educativo creado en 1967 perteneciente a la Universidad de Harvard integrado por Howard Gardner, Nelson Goodman y David Perkins, se ha hecho una clasificación de las rutinas de pensamiento. Las categorías principales, son las siguientes: a) rutinas de pensamiento básicas, b) profundizar en las ideas, c) presentación y exploración de ideas, d) investigación de objetos y sistemas, e) toma de perspectiva, f) considerando controversias, dilemas y perspectivas, g) generando posibilidades y analogías, h) sintetizar y organizar ideas, i) explorando arte, imágenes y objetos y, j) pensamiento global. Ritchhart, Church y Morrison (2014), por otra parte, agrupan todas estas rutinas en tres categorías de rutinas de pensamiento: I) rutinas para presentar y explorar ideas; II) rutinas para sintetizar y organizar ideas, y III) rutinas para explorar las ideas más profundamente. Utilizando la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos, podemos utilizarlas al principio, durante y al finalizar el mismo.

1.3. El Aprendizaje Basado en Proyectos.

El mundo académico está experimentando una metamorfosis, pasando de ser archivo del saber a productor de éste (Gros, 2015). En este ecosistema, el alumno cobra un carácter autónomo, basado en lo que le motiva, y coopera para alcanzar el conocimiento (Bermejo, 2011). Ante la obligación de ofrecer a los alumnos escenarios en constante transformación, que les ayuden a manejarse en la sociedad fluida en que nos vemos inmersos (Swartz & Perkins, 2016), la acción debe ejecutarse de forma cooperativa (Johnson & Johnson, 2014) y dinámica, empleando técnicas como el aprendizaje basado en proyectos (ABP) (Ramírez, 2015) o la ludificación (de la Torre & Berbegal-Mirabent, 2018).

Visibilizar el pensamiento es posible, acorde al estudio de Ritchhart et al. (2014), si se brindan guías que promuevan el desempeño, el entendimiento y el trabajo

autónomo en el alumnado, para alcanzar el ansiado aprendizaje significativo. El propio Ritchhart (2015) valora el pensamiento colectivo, basado en las experiencias cotidianas de los componentes del aula.

2. Objetivos.

En nuestro afán por enseñar y transmitir el concepto de velocidad de reacción, desde el punto de vista de las Ciencias Experimentales, junto a la perspectiva de la corriente del pensamiento visible, trazamos dos líneas de trabajo que nos sirvan de aliciente y las establecemos según los siguientes objetivos, que mostramos a continuación:

- Realizar una revisión bibliográfica, con relación a la didáctica mediante el pensamiento visible, de la velocidad de reacción en revistas especializadas del territorio español en castellano, considerando los últimos diez años del presente siglo (2013-2023); concretamente en tres de las revistas de referencia (*Enseñanza de las Ciencias*, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias y Alambique*), relacionadas con la Didáctica de las Ciencias Experimentales, en base a los siguientes dos términos de búsqueda: Pensamiento Visible y Velocidad de Reacción.
- Planificar una intervención en el aula de Física y Química, para nuestros estudiantes de segundo curso del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Valladolid, que promueva el aprendizaje significativo de la Velocidad de Reacción, tomando en consideración el Pensamiento Visible, mediante el empleo de materiales, herramientas y recursos asequibles, económicos y de fácil manejo, que permitan emplear las rutinas de pensamiento.

3. Metodología.

En primer lugar, como ya se ha anunciado en el apartado anterior, para llevar a cabo la revisión bibliográfica, se emplean los siguientes términos: *pensamiento visible* y *velocidad de reacción*, por medio de los buscadores de las páginas web de la *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* y de la revista *Enseñanza de las Ciencias*. Así mismo, se recurre a los monográficos de la revista *Alambique*, que también trata sobre la Didáctica de las Ciencias Experimentales, a condición de que tales monográficos se encuentren dedicados, de manera general o particular, a la velocidad de reacción.

Posteriormente, desarrollamos una propuesta para introducir en el aula de segundo curso del Grado de Educación Primaria de la Universidad de Valladolid, el concepto de Velocidad de Reacción, con el fin de mostrar experimentalmente

un fenómeno que nos permite presenciar la velocidad de una reacción, relacionando un cambio de concentración de un soluto en un disolvente, con el tiempo invertido en completar la transformación. Aunque dicho proceso no sea una reacción química como tal, sí es un proceso sencillo, posible de llevar a cabo en el aula teórica y que permite visualizar, por comparativa, lo que sería una reacción. Como soluto empleamos una pastilla efervescente y como disolvente una proporción suficiente de agua en estado líquido. La observación de la alteración en la composición estructural de la pastilla, al introducirse en el agua y comenzar a disolverse, hasta su completa disolución, es acompañada de la medición temporal síncrona por medio de un cronómetro o de cualquier otro instrumento de precisión empleado para la medida del tiempo.

La intervención en el aula se vale, adicionalmente, de la metodología del aprendizaje basado en proyectos (ABP); para ello se distribuye al alumnado por equipos que puedan abordar el proyecto en el que aparece implicada la velocidad de reacción. El proceso para registrar el proyecto consiste en diferentes etapas: planteamiento del problema, indagación, resultados, discusión y composición del informe final (Pérez & Gómez-Linares, 2016). El ABP, en palabras de Krajcik y Blumenfeld (2006), permite que los estudiantes exploren los fenómenos, investiguen las cuestiones planteadas, discutan sus ideas, desafíen las de otros y las lleven a la práctica, ensayándolas.

La metodología del ABP es aconsejable para incentivar el pensamiento profundo basado en el aprendizaje significativo. Por lo tanto, se pueden integrar las rutinas de pensamiento, consideradas en el pensamiento visible, a lo largo del desarrollo del proyecto llevado a cabo. Inicialmente, se emplean aquellas rutinas que ayuden a sintetizar la información. Seguidamente, es recomendable la inclusión de rutinas organizativas. Finalmente, se consideran las rutinas de pensamiento que favorezcan la inclusión de ideas alternativas.

4. Resultados.

4.1. Revisión bibliográfica.

A fin de realizar la búsqueda bibliográfica, se introducen tanto de manera conjunta, como por separado, los dos términos clave: *pensamiento visible* y *velocidad de reacción*, en los buscadores de las páginas web de la *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* y de la revista *Enseñanza de las Ciencias*, filtrando aquellos resultados en el periodo temporal de esta última década, comprendida entre los años 2013 y 2023. Adicionalmente, se exploran ambos términos en la revista *Alambique*, enfocada a la Didáctica de las Ciencias Experimentales; dada su especialización por monografías, para el término de

velocidad de reacción encontramos el monográfico, titulado "Velocidad y mecanismos de reacción", mientras que para el término *pensamiento visible* el resultado es nulo, como exponemos a continuación, para cada una de las revistas:

Enseñanza de las Ciencias

PENSAMIENTO VISIBLE:

En el período de 2013 a 2023, no se encuentran resultados que contengan esta expresión.

VELOCIDAD DE REACCIÓN:

Para el mismo periodo, tampoco se encuentran resultados que contengan esta expresión.

Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias:

PENSAMIENTO VISIBLE:

Para este término, dentro de la década escogida, encontramos únicamente el siguiente trabajo, referenciado a continuación:

Puente, C. G., & Bartolomé, A. M. (2022). Visibilizar el pensamiento a través de la enseñanza de las ciencias experimentales en Educación Infantil. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(1), 120101-120121.

En este artículo se pretende hacer visible el pensamiento, mediante la enseñanza de las ciencias experimentales, en la etapa de educación infantil. Con ese fin se lleva a cabo una intervención en el aula, en torno al cuidado y uso del agua, empleando la metodología del aprendizaje basado en problemas (PBL) y las rutinas de pensamiento. Gracias a la propuesta didáctica se comprueba la adquisición de los máximos niveles de desarrollo de los movimientos de pensamiento preseleccionados. La conclusión recalca la necesidad de enseñar a pensar en la etapa infantil, como inicio de visibilización del pensamiento.

VELOCIDAD DE REACCIÓN:

En relación con este término, los resultados que pudieran contener esta expresión son inexistentes en el periodo entre 2013 y 2023.

Alambique:

PENSAMIENTO VISIBLE:

Al tratarse de una revista principalmente centrada en aspectos formales de las Ciencias Experimentales, no se encuentran resultados que contengan esta expresión, relacionada con la corriente psicopedagógica sometida a nuestra búsqueda.

VELOCIDAD DE REACCIÓN:

Dentro de la monografía dedicada a la “Velocidad y los mecanismos de reacción”, publicada en el año 2023, encontramos el siguiente trabajo, que destacamos por su afinidad con nuestra pregunta de investigación y que describimos a continuación:

Delgado, V., Blancafort, A. M., & Moreno, J. (2023). Las ideas alternativas de los estudiantes sobre la cinética de las reacciones químicas. Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales, (111), 26-31.

En este monográfico, que contiene varios artículos, escogemos el de Delgado et al. (2023), en el que las tres autoras organizan en una tabla las ideas disciplinarias, frente a las ideas alternativas. Asociada a cada una de las ideas alternativas, ofrecen criterios para seleccionar experimentos que las conviertan en disciplinarias. Adicionalmente, se listan las expectativas de los estudiantes junto a las evidencias empíricas de cada acción.

4.2. Propuesta de intervención.

Una vez se realiza nuestra búsqueda, sobre el estado del arte de la didáctica del concepto de velocidad de reacción infusionado por el pensamiento visible, procedemos a desarrollar nuestra propuesta de intervención. Para ello, comenzamos estableciendo la base teórica del concepto científico. La velocidad de una reacción química se define como la variación de la concentración de un reactivo, o producto, por la unidad de tiempo; esta variación puede identificarse dependiendo de varios factores, como son los que enumeramos a continuación: la naturaleza de los reactivos, su grado de división, su concentración o la temperatura. En nuestra propuesta de intervención nos centramos en los dos últimos, por lo que estableceremos medidas volumétricas y de escala centígrada de temperatura.

De esta manera, se va a llevar a cabo la disolución de una pastilla efervescente que se encuentra compuesta de sustancias ácidas y carbonatos o bicarbonatos, por lo que reacciona rápidamente en presencia de agua líquida, con liberación de dióxido de carbono. El volumen de agua escogido es de 200 ml, de manera que haya una cantidad suficiente de disolvente, en el que la disolución se produzca, sin llegar a la saturación. Objetivamente, el proceso de disolución dista de ser una

reacción química, propiamente, pero se trata de un procedimiento cuya vistosidad, facilidad para desarrollar en el aula y accesibilidad de materiales permiten que el alumnado lo pueda reproducir cómodamente.

Se deposita la pastilla en el vaso que hemos llenado con agua hasta los 200 ml y, una vez entra en contacto con la misma y empieza a efervescer, se comienza a medir el tiempo de disolución de la pastilla con un cronómetro de precisión, hasta que la pastilla está completamente disuelta.

Una manera de detectar el arranque y el final de la reacción puede realizarse a oído, desde que comienza el sonido de la efervescencia hasta que se extingue. Otra manera de detectar el inicio y la consumación se realiza a la vista de las burbujas del gas de dióxido de carbono, que son liberadas durante la reacción.

Adicionalmente, se tienen en cuenta los factores de cantidad de agua en el vaso y de temperatura de esta, para comprobar de qué manera pueden influir en la velocidad de reacción y experimentar cómo varía ésta al duplicar el volumen de disolvente o al aumentar su temperatura algunos grados.

Así, al disolver una pastilla efervescente en 200 ml de agua a temperatura ambiente [equivalente a 25°C, considerando condiciones normales de temperatura (298,15 K) y de presión (equivalente a 1 atmósfera, definida como 101,325 KPa)], se comprueba que la pastilla tarda 41,7 segundos en disolverse.

En la siguiente figura se muestra, de izquierda a derecha, las siguientes imágenes: el vaso de precipitado lleno con 200 ml de agua; el momento de efervescencia de la pastilla disolviéndose en el agua; y la disolución en agua con la consecuente “desaparición” de la pastilla.

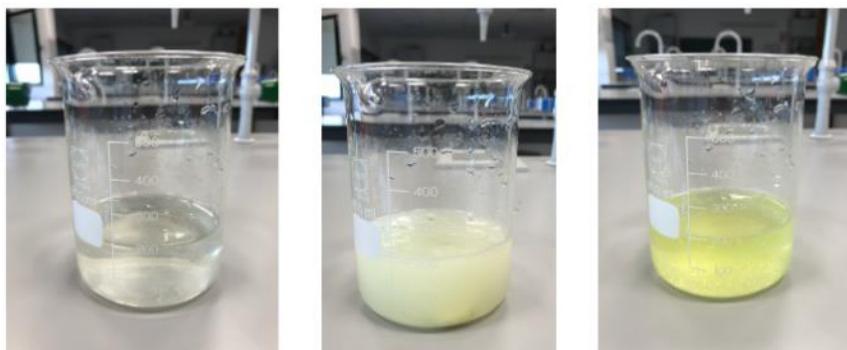


Figura. 1. Proceso de disolución de una pastilla efervescente en 200 ml de agua. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, probamos los factores de cantidad de disolvente y temperatura de éste.

Por una parte, se repite el mismo proceso duplicando el volumen de agua (400 ml), a la temperatura ambiente de 25°C, registrándose el mismo tiempo de disolución de la pastilla, consistente en 41,7 segundos.

Por otra parte, se mantiene la misma cantidad de agua de la experiencia inicial (200 ml), pero se aumenta su temperatura, duplicándola hasta los 50°C. En estas condiciones, se observa una disminución del tiempo de reacción a 34,2 segundos. El tiempo de reacción disminuye en siete segundos y medio, lo que significa que la velocidad ha aumentado. Este hecho pone de manifiesto que la rapidez de disolución es inversamente proporcional al tiempo invertido en disolverse.

Los hallazgos de nuestra intervención se resumen en afirmar que la cantidad de volumen del disolvente duplicada, encarnada por el agua líquida, no influye en la velocidad de disolución; sin embargo, al duplicar la temperatura, la velocidad de la disolución aumenta.

5. Discusión.

A la total ausencia de trabajos recientes que reflexionen conjuntamente sobre el pensamiento visible aplicado a la didáctica de la velocidad de reacción, se une la preocupante ausencia de estudios didácticos sobre la velocidad de reacción, en exclusiva. Se ha encontrado un único artículo sobre pensamiento visible, por suerte relacionado con las ciencias experimentales; y otro único artículo dentro del monográfico sobre velocidad y mecanismos de reacción de la revista *Alambique*. Esta escasez de artículos, trabajos teóricos e intervenciones experimentales evidencia la necesidad de enfocar los esfuerzos de la comunidad educativa, en el área de las ciencias experimentales, al estudio de la didáctica de un concepto abstracto, cuya medida es indirecta, como es la velocidad de una reacción química.

Nuestra propuesta ayuda a evidenciar el concepto de velocidad de reacción, tanto escuchando como visualizando el proceso, de una manera sencilla, que complementa la expresión teórica de velocidad de reacción, mediante la fórmula que muestra la razón de cantidad de sustancia respecto al tiempo.

Durante la intervención, utilizamos rutinas de pensamiento adecuadas a cada paso de la experiencia práctica. Por ejemplo, la rutina “Veo-pienso-me pregunto” ayuda a reflexionar sobre el fenómeno físico y químico que está teniendo lugar. Adicionalmente, la rutina que ayuda a sintetizar y organizar ideas de manera muy

apropiada a nuestro caso es “Antes pensaba-ahora pienso”, ya que nos ayuda a evaluar cómo ha cambiado el pensamiento del alumnado una vez han finalizado la práctica, respecto a lo que pensaban ante de iniciarla. Finalmente, para ayudar al alumno a diseñar un pensamiento más profundo, se utiliza la rutina “¿Qué te hace decir eso?” que obliga al alumno a reflexionar sobre el fenómeno experimentado, sobre los valores de las medidas realizadas y sobre los resultados numéricos obtenidos, consiguiendo de esta manera poder afianzar lo aprendido.

6. Conclusiones.

Ordenamos las conclusiones, acorde a los objetivos planteados.

Acorde al primer objetivo, referente a la búsqueda bibliográfica en las tres revistas españolas, de referencia para los docentes, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *Enseñanza de las Ciencias* y *Alambique*, se observa que no hay estudios contrastados sobre el enfoque del concepto de velocidad de reacción química en educación, durante la última década. En la revista *Alambique* se encuentra un monográfico con un artículo de interés, en el que se proponen experimentos para cambiar las ideas preconcebidas de los alumnos, pero no se trabaja desde el punto de vista del pensamiento visible, lo que obliga a diseñar y planificar nuevas maneras de presentar dicho concepto a los alumnos. En este caso, la corriente del pensamiento visible nos ofrece la oportunidad de representar de manera concreta los conceptos que se desea transmitir, empleando para ello diversas rutinas de pensamiento.

En cuanto al segundo objetivo, en este trabajo se propone un experimento sencillo de visualizar, escuchar y de llevar a cabo en el aula, mediante el cual un concepto científico (químico físico), abstracto y difícil de entender, en especial para el alumnado del Grado de Educación Primaria, es posible asimilar mejor y obtener un aprendizaje más significativo.

El alumnado puede abordar la reproducción del proceso de una disolución, para conocer el valor de su velocidad de reacción, empleando materiales, instrumentos y herramientas de medida sencillos y de fácil manejo. Lo que se consigue gracias a esta propuesta no es únicamente procesar el concepto de velocidad de reacción como algo teórico, sino integrar el concepto, de una forma visible, a través de las rutinas de pensamiento utilizadas, que permiten analizar profunda y significativamente la experiencia. El trabajo experimental y la aplicación del pensamiento visible, que se lleva a cabo a través de las fuerzas culturales y, más concretamente, de las rutinas de pensamiento, ayudan al

alumnado en su proceso de aprendizaje de un concepto abstracto y complejo como el de la velocidad de reacción tratado en este artículo.

Referencias bibliográficas.

- Annisa, F., & Yonata, B. (2022). Using flipped classroom approach to promote critical thinking skills on reaction rate topic. *Jurnal Pijar Mipa*, 17(3), 337-346.
- De la Torre, R., & Berbegal-Mirabent, J. (2018). LA LUDIFICACIÓN COMO HERRAMIENTA DE MOTIVACIÓN EN EL AULA. Revista del Congrés Internacional de Docència Universitària i Innovació (CIDUI), (4).
- Delgado, V., Blancafort, A. M., & Moreno, J. (2023). Las ideas alternativas de los estudiantes sobre la cinética de las reacciones químicas. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (111), 26-31.
- Fahmi, F., & Irhasyuarna, Y. (2017). Misconceptions of Reaction Rates on High School Level in Banjarmasin.
- Gros, B. (2015). La caída de los muros del conocimiento en la sociedad digital y las pedagogías emergentes= The fall of the walls of knowledge in the digital society and the emerging pedagogies, 58-68.
- Harvard Graduate School of Education (2022). Rutinas de Pensamiento. Recuperado el día 17 de Marzo de 2024 de <https://pz.harvard.edu/thinking-routines>.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2014). Cooperative Learning in the 21st Century. [Aprendizaje cooperativo en el siglo XXI]. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 30(3), 841-851.
- Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. C. (2006). Project-based learning (pp. 317-34).
- Linck, L. (2013). Pensamiento visible. Recuperado el día 15 de marzo de 2024 de: <https://educrea.cl/pensamientovisible>.
- Morales, M. Y., & Uribe, I. R. (2015). Hacer visible el pensamiento: alternativa para una evaluación para el aprendizaje. *Infancias imágenes*, 14(2), 89-100.
- Perkins, D. (2001). ¿Cómo Hacer Visible El Pensamiento? In Escuela de Graduados en Educación de la Universidad de Harvard. Cambridge, Massachusetts.
- Perkins, D. (2016). Educar para un mundo cambiante. Madrid: Ediciones SM.

- Perkins, D., & Ritchhart, R. (2004). When is good thinking?. In Motivation, emotion, and cognition (pp. 365-398). Routledge.
- Perkins, D., Tishman, S., Ritchhart, R., Donis, K., & Andrade, A. (2000). Intelligence in the wild: A dispositional view of intellectual traits. *Educational Psychology Review*, 12, 269-293.
- Pinedo, R. y Cañas, M. (2020). Cómo evaluar el pensamiento visible en el aula (Apuntes Módulos 1, 2, 3 y 4 MOOC Pensamiento visible para la docencia). MiríadaX y Universidad de Valladolid.
- Puente, C. G., & Bartolomé, A. M. (2022). Visibilizar el pensamiento a través de la enseñanza de las ciencias experimentales en Educación Infantil. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 19(1), 120101-120121.
- Ramírez, J. J. V. (2015). Aprendo porque quiero: El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), paso a paso: El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), paso a paso (Vol. 10). Ediciones SM España.
- Ritchhart, R. (2015). Creating cultures of thinking: The 8 forces we must master to truly transform our schools. John Wiley & Sons.
- Ritchhart, R. (2015). Creating cultures of thinking. The 8 forces we must master to truly transform our school. San Francisco: JosseyBass.
- Ritchhart, R., Church, M., & Morrison, K. (2014). Hacer visible el pensamiento. Cómo promover el compromiso, la comprensión y la autonomía de los estudiantes.
- Sari, M. M., & Muchlis, M. (2022). Improving critical thinking skills of high school students through guided inquiry implementation for learning reaction rate concept in chemistry. *Jurnal Pijar Mipa*, 17(2), 169-174.
- Seçken, N., & Seyhan, H. G. (2015). An analysis of high school students' academic achievement and anxiety over graphical chemistry problems about the rate of reaction: The case of Sivas province. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 174, 347-354.
- Swartz, R. J., & Perkins, D. N. (2016). Teaching thinking: Issues and approaches. Routledge.

Tishman, S., & Palmer, P. (2005). Visible thinking. *Leadership compass*, 2(4), 1-3.

Thinking, What Is Visible. "Making thinking visible." (2008).

Vygotsky, L. S. (2012). *Thought and language*. MIT press.