

## **¡Atención a la pantalla! Un estudio de la atención de los estudiantes a videos didácticos de ciencias con uso de electroencefalogramas**

**Michelle Camara Pizzato<sup>1,2</sup>, Marcelo Diedrich de Souza<sup>2</sup>, Patrik de Souza Rocha<sup>1</sup> e Clarice Monteiro Escott<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. E-mails: michelle.pizzato@poa.ifrs.edu.br, marcelo.diedrich88@gmail.com, patrikciano@gmail.com, clarice.escott@poa.ifrs.edu.br

**Resumen:** Este trabajo tiene como objetivo presentar una investigación sobre cómo se comporta la atención de los estudiantes durante el uso de un video en versiones convencional e interactiva acerca de un experimento científico; y analizar las posibles relaciones entre la atención de los estudiantes y las acciones involucradas durante la ejecución de los videos. Para ello se utilizaron electroencefalogramas (EEG) portátiles como herramientas para determinar la atención de los participantes durante la actividad, además de cuestionarios previos y posteriores para identificar conocimientos previos y posibles aprendizajes motivados por la visualización de los videos. Los resultados indican una correlación entre la atención, las escenas de evidencias experimentales inesperadas o contraintuitivas y los momentos de inserción de elementos de interactividad. Además, el uso de EEG, en asociación con el método de análisis propuesto, relacionando las acciones mostradas en los videos con las intensidades de atención, mostró la usabilidad de esa herramienta no solo con fines de investigación educativa, sino también como una posible tecnología futura de apoyo a los docentes en el aula.

**Palabras clave:** atención, electroencefalograma, video convencional, video interactivo, experimentación.

**Title:** Attention to the screen! A study of students' attention to educational science videos with the use of electroencephalograms

**Abstract:** This work aims to present an investigation on how students' attention behaves during the use of a video in conventional and interactive versions about a scientific experiment; and to analyze the possible relationships between the attention triggered in the students and the actions involved during the execution of the videos. To do this, portable electroencephalograms (EEG) were used as tools to determine the attention of the participants during the activity, in addition to pre- and post-questionnaires to identify prior knowledge and possible learning motivated by viewing the videos. The results indicate a correlation between attention, scenes of unexpected or counterintuitive experimental evidence, and moments of insertion of interactivity elements. Furthermore, the use of EEG, in association with the proposed analysis method, relating the actions shown in the videos with the intensities of attention, showed the usability of

that tool not only for educational research purposes, but also as a posible future technology to support teachers in the classroom.

**Keywords:** attention, electroencephalogram, conventional video, interactive video, experimentation.

### **Introducción**

Los vídeos didácticos son recursos audiovisuales cada vez más utilizados y recomendados por los investigadores para la enseñanza de las ciencias (Arroio y Giordan, 2006; Berck y Rocha, 2019) y, entre ellos, resultan especialmente interesantes aquellos que traen consigo actividades experimentales. Muchos docentes acaban por no realizar experimentos en sus clases, aun conociendo su importante potencial, por falta de recursos o incluso por motivos de seguridad. En lugar de eso, el uso de videos termina siendo una alternativa más viable.

Una de las ventajas de utilizar vídeos didácticos acerca de prácticas experimentales es que se pueden evitar riesgos a los que pueden estar sujetos docentes y alumnos durante un determinado experimento. Otra de las ventajas es que no produce (y por tanto no necesita desechar) los residuos generados durante la ejecución de la actividad. Otro punto positivo se refiere a la posibilidad de ofrecer a los estudiantes la visualización de experimentos de alto costo o que necesitan de una infraestructura específica para llevarlos a cabo.

De esta forma, los vídeos didácticos de actividades experimentales pueden ser de gran utilidad para los profesores de ciencias, ya sea como recurso complementario a los experimentos presenciales, o como sustituto en caso de imposibilidad de realizar estas prácticas. Pero, ¿pueden los videos didácticos ser efectivos para ayudar al aprendizaje de las ciencias?

Los vídeos didácticos, como cualquier otro recurso educativo, deben ser potencialmente significativos para el alumno para que se produzca el proceso de aprendizaje significativo (Ausubel et al., 1980). Además, una de las características de los recursos potencialmente significativos sería el poder de tal recurso de provocar la atención del estudiante. Según Chen y Wu (2015), la atención al contenido de aprendizaje es una preocupación prioritaria para el aprendizaje efectivo, lo que justificaría la necesidad de determinar cómo los diferentes estilos de videos didácticos afectan la atención en situaciones de enseñanza.

Considerando lo anterior, este trabajo tiene como objetivo presentar una investigación sobre cómo se comporta la atención de los estudiantes durante el uso de un video en versiones convencional e interactiva acerca de un experimento científico; y analizar las posibles relaciones entre la atención de los estudiantes y las acciones involucradas durante la ejecución de los videos. Para ello se utilizaron electroencefalogramas (EEG) portátiles como herramientas para determinar la atención de los participantes durante la actividad, además de cuestionarios previos y posteriores para identificar conocimientos previos y posibles aprendizajes motivados por la visualización de los videos.

## **Videos educativos y atención**

Actualmente, los videos son los medios digitales más importantes en Internet (Lehner, 2014) y, como recurso educativo, pueden presentar a los estudiantes diferentes formas de datos (imágenes, modelos explicativos, efectos de sonido) y una inmensa cantidad de información. La literatura sobre videos con fines educativos trae una multiplicidad de términos, como educativo, didáctico, instructivo (Gomes, 2008). Si bien existe esta multiplicidad, todos los términos se refieren al tipo de recurso elaborado, en primer lugar, con el objetivo de contribuir al proceso de enseñanza y aprendizaje; y, en segundo lugar, explorando, para ello, los sentidos de la visión y la audición (de ahí su clasificación como recurso audiovisual). Específicamente, los videos traducen el contenido en sonidos e imágenes utilizando elementos tales como: imagen fija o dinámica, cambios de escala (zoom), diferentes ángulos y encuadres, superposiciones y composiciones de imágenes, efectos de sonido (ampliación y reducción de sonidos, música), citas legibles en la pantalla, animaciones, juegos de roles y más, todo sincronizado. Además, suelen ser desarrollados por profesionales de la educación con explicaciones sobre un tema claramente expresado (Arroio y Giordan, 2006).

Sin embargo, un gran problema en los videos instrutivos es la falta de interactividad (Zhang et al., 2006). Hay que decir que la interacción de un usuario con un vídeo convencional (también conocido como vídeo tradicional o lineal) es muy limitada, ya que esta interacción se restringe a opciones tradicionales de iniciar, pausar, rebobinar, adelantar y reiniciar el vídeo durante su reproducción. Por lo tanto, es importante ofrecer diferentes formas de interacción y la posibilidad de comunicación durante un video. En este sentido, los videos interactivos han surgido como un formato mediático potencialmente más efectivo en términos educativos. Zhang et al. (2006) definen vídeo interactivo como el uso de sistemas informáticos para permitir acceso proactivo al contenido del vídeo. Un vídeo interactivo se diferencia de un vídeo convencional (que es la versión con la que estamos más acostumbrados a interactuar) porque es un medio que permite al usuario interactuar con el contenido del vídeo a través de una variedad de herramientas, como seleccionar opciones y escribir respuestas a preguntas que aparecen durante la reproducción del vídeo. Además de ser más atractivo que otro tipo de medios (como textos y gráficos, por ejemplo), ya que puede presentar su contenido con imagen, movimiento, sonido y texto, todo en tiempo real y de forma sincronizada, el video interactivo ofrece un canal de comunicación con el usuario, en el que se le invita a responder preguntas sobre lo que ha visto. Otra ventaja de los videos interactivos es que se pueden producir a partir de videos convencionales, lo que permite al usuario aprovechar los medios ya disponibles y adaptarlos según sus intereses.

En la actualidad, aunque haya producción científica sobre el uso de videos didácticos, todavía existen pocos estudios consistentes sobre la relación entre los videos didácticos y la atención de los estudiantes durante su uso. Una de las limitaciones de estos estudios está en la forma de verificar (sea cualitativa o cuantitativamente) la atención de una persona. Uno de los métodos más conocidos en la literatura es mediante el uso de

electroencefalogramas (EEG), tecnologías que han sido ampliamente estudiadas (Farwell y Donchin, 1988; Kleih et al., 2011; Wolpaw y Wolpaw, 2012). Sin embargo, la mayoría de estos estudios utilizan equipo que capta la actividad cerebral electromagnética utilizando el sistema internacional de colocación de electrodos 10–20 (Sistema 10–20), que consiste en colocar electrodos en 37 ubicaciones en el cráneo. Como explican Liu et al. (2013), aunque este método recoja más datos desde la observación de todos los cambios en la señal del EEG, la aplicación práctica de esta técnica en los estudiantes es sumamente incómoda.

Una de las alternativas a esto es captar señales en un solo punto en la cabeza, ya que los niveles de atención son controlados por la corteza cerebral en la región de la frente. Así, detectar las señales EEG producidas en esta zona de la cabeza se convierte en un método más viable. Actualmente existen dispositivos como Neurosky Mindwave Mobile® (Figura 1A) para detectar señales EEG del lóbulo frontal, específicamente en el punto Fp1, como se muestra en la Figura 1B. Además de captar señales desde un solo punto en la cabeza del usuario, estos dispositivos también son más cómodos porque esta ubicación es similar al diseño mecánico que se usa típicamente para los auriculares. Otras ventajas de estos dispositivos: son el bajo costo en relación a un equipo de EEG convencional; la portabilidad del equipo, cuyo tamaño es similar al de un auricular; fácil acceso a los datos, ya que se comunica con un teléfono celular emparejado a través de Bluetooth; y compatibilidad con la versión de los sistemas Windows y MacOS, así como Android e IOS.

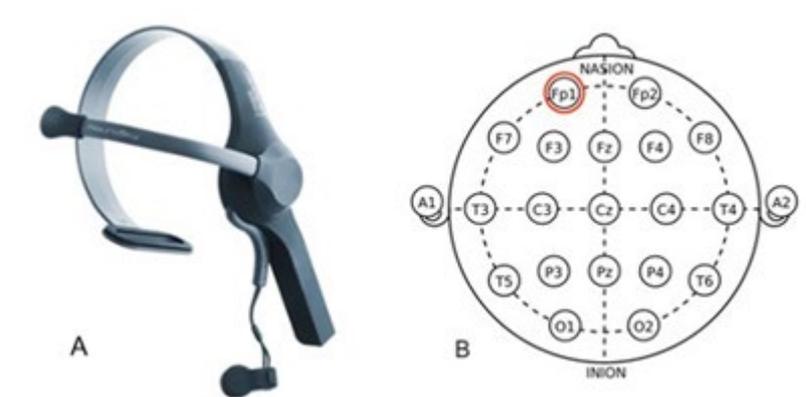


Figura 1. A) Sensor Neurosky MindWave Mobile y B) sistema internacional de colocación de 10-20 electrodos, con punto de contacto Fp1 marcado.

Algunas investigaciones acerca de mapeo cerebral han utilizado estos dispositivos en situaciones de enseñanza y en ambientes escolares, trayendo algunas aclaraciones sobre la atención de los estudiantes en esas situaciones y ambientes. Los estudios de Liu et al. (2013), Chen y Lin (2016) y de Bos et al. (2019), por ejemplo, indicaron una correlación entre ciertos resultados de la actividad cerebral y la atención de los participantes del estudio durante las actividades de aprendizaje. El trabajo de Chen y Wu (2015), por ejemplo, explora cómo tres estilos de lecciones en video afectan la atención, la carga cognitiva y el aprendizaje de los estudiantes. Entre los resultados, los autores apuntan a un efecto de atención dividida para videos con información superpuesta (como audio, imagen del profesor e imagen de una presentación de diapositivas simultáneamente), y concluyen que esta

circunstancia no es ideal para el aprendizaje, ya que divide la atención del alumno.

Cabe señalar que, según Lima (2005), existe una gran diversidad en las formas e instrumentos de evaluación de la atención, estando la gran mayoría asociada a la autodeclaración de atención o identificación de evidencias visualmente perceptibles (como un estudiante mirando fijamente al profesor). Este tipo de atención perceptiva, como la selección y modulación de información sensorial, dirigida hacia información relevante para el curso, es clasificada por Keller et al. (2020) como atención externa sobre el tema. Ejemplos de esta atención son: cuando el alumno mira fijamente las diapositivas, asiente ocasionalmente, debate entre compañeros, lee un texto y escucha hablar al profesor. Por otra parte, la atención interna sobre el tema, descrita como la selección y modulación de información generada internamente, como el contenido de la memoria, también es importante para los procesos de aprendizaje pero muchas veces no es registrada por las formas e instrumentos de evaluación de la atención citada. Ejemplos de esta atención son: el alumno reflexionando sobre un tema antes de discutirlo con sus compañeros, conectando nuevos conceptos con conocimientos previos y reflexionando sobre el propio proceso de aprendizaje. En este sentido, el uso de sensores EEG portátiles en el análisis de la atención de los estudiantes en situaciones de enseñanza parece ser una alternativa prometedora para la investigación educativa, ya que aportan datos más allá de los identificables verbal y visualmente.

### **Metodología**

Esta investigación consiste en el análisis de datos de EEG (en forma de gráficos de intensidades de atención) y respuestas a cuestionarios de cuatro estudiantes voluntarios (identificados por las siglas PT1, PT2, PT3 y PT4) mayores de 18 años matriculados en el primer año de secundaria en una escuela pública brasileña participante en el proyecto. Carvalho Junior (2012) señala que, en estudios que utilizan herramientas de neurociencia, muestras pequeñas muestran resultados significativos debido a la activación de los mismos núcleos cerebrales de todos los participantes. Además, y destacando la profundidad y detalle del análisis en un número reducido de individuos, entendemos que este estudio también se configura como un estudio de caso (Yin, 2005).

Para monitorear las ondas cerebrales de los estudiantes a lo largo de la actividad, el sistema de EEG elegido fue Neurosky Mindwave Mobile® por: permitir un fácil acceso a los datos, ya que se comunica con los teléfonos celulares vía Bluetooth; y por ser compatible con los sistemas Android e IOS. Además, se puede considerar de bajo costo, aunque se trate de una tecnología vestible muy actual. Cada aplicación de actividad fue realizada con un participante por vez, debido a la cantidad de equipo de EEG y teléfonos celulares conectados a ellos disponibles para la recolección de datos. Todos los estudiantes participantes no habían estudiado previamente el contenido de la actividad – información dada por su profesor de Química, uno de los autores de este estudio. Es importante destacar que los participantes fueron previamente informados de los procedimientos de la investigación, firmando un consentimiento informado.

Para esa investigación, se utilizó la aplicación Effective Learner (disponible en <https://store.neurosky.com/products/effect-learner>) (Figura 2A) como herramienta de registro de ondas cerebrales. Con una interfaz muy simple, la aplicación almacena y emite gráficos circulares y gráficos de líneas (Figura 2B), sin límite de medición de tiempo, y los gráficos de líneas indican los niveles de atención del usuario a lo largo del tiempo, en intervalos de 1s, similar al estudio por Liu et al. (2013).

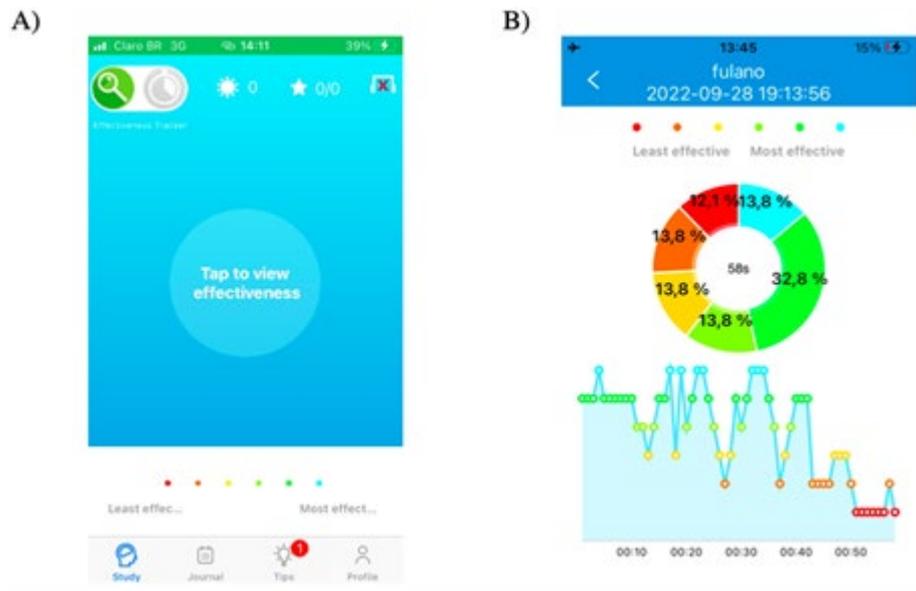


Figura 2. A) Pantalla de entrada de aplicación Effective Learner. B) Gráficos circulares y de líneas proporcionados por la aplicación.

Una limitación de esta aplicación es la representación directa de imágenes gráficas trazadas en una escala de 6 niveles que va desde la atención menos efectiva (marcada con el color rojo) hasta la más efectiva (indicada con el color azul), sin proporcionar datos en bruto. Sin embargo, para efectos de esta investigación, consideramos suficientes estas gráficas ya que también pretendíamos evaluar la usabilidad de la aplicación como tecnología auxiliar para el trabajo docente. En este sentido, elegimos una aplicación que mostrara resultados de interpretación más intuitivos para un docente, en lugar de una aplicación que proporcionara datos en bruto de frecuencias neuronales no asociadas directamente con la atención.

A continuación describiremos las etapas de producción, procesamiento y análisis de datos:

1) Selección de videos e inserción de elementos de interactividad: el video convencional fue elegido de una selección de videos de prácticas científicas experimentales disponibles en la Plataforma de Recursos Educativos Digitales del Ministerio de Educación de Brasil (Plataforma RED MEC - <https://plataformaintegrada.mec.gov.br/home>). La Plataforma fue elegida porque propone reunir y poner a disposición, en un solo lugar, los recursos educativos digitales de los principales portales de Brasil. El video fue elegido, desde un conjunto de criterios propuestos por Pizzato et al. (2021), por: presentar un nivel de formulación de contenidos adecuado a los participantes; hacer uso del zoom y del ángulo para detallar la actividad experimental; utilizar materiales cotidianos (agua, sal, vinagre, cuchara,

vaso) para realizar el experimento; realizarse en un lugar no específico (o sea, sin la necesidad de un laboratorio); presentar un experimento demostrativo (Santos, 2015); permitir la inserción de contenido interactivo. El experimento implicó una reacción química entre ácido acético y carbonato de calcio, a partir de la comparación entre dos recipientes que contenían conchas naturales y, en cada recipiente, agua con sal y vinagre, respectivamente.

Luego de elegir el video convencional, se identificaron los aspectos conceptuales y los extractos apropiados para la inserción de contenido interactivo. A partir de eso, se elaboró el contenido interactivo a ser insertado, que consistía en preguntas sobre el fenómeno y los conceptos científicos tratados en el video. Finalmente, se adaptó el video convencional al formato de video interactivo, utilizando la aplicación H5P. H5P es un framework gratuito y de código abierto basado en JavaScript que permite enriquecer los videos con preguntas de respuesta simple, de opción múltiple o de verdadero y falso, colocadas en posiciones específicas de los videos, y que requieren ser respondidas para liberar la continuidad de los mismos. La elección de H5P como aplicación para insertar interactividad se debe a que: se puede utilizar en cualquier video convencional creado y enviado a la plataforma Youtube; y es fácil de usar por personas que no están en el campo de la informática, por lo que es una excelente herramienta para que los profesores personalicen los videos de acuerdo con sus necesidades de enseñanza.

El video "Contaminación X Acidificación del Océano", utilizado en este estudio, fue producido por el Portal Pontociência (Carvalho et al., 2012), y está disponible en YouTube en el enlace: <https://youtu.be/IofzxizNJc?si=zadwKWgttbU1EvrH>. Las preguntas propuestas a lo largo del vídeo, sus alternativas y el tiempo de aparición en pantalla se indican en la Tabla 1. La Figura 3 muestra una imagen del video cuando el elemento de interactividad "Pregunta 1" surge en la pantalla.

Pregunta	Tiempo de video (minutos)	Alternativas de respuesta
1) ¿Qué vaso crees que se está mostrando?	0:54	- Vaso con vinagre - Vaso con sal de mesa - Les pasa a los dos
2) ¿Por qué en el vaso con vinagre se forman burbujas cuando se le añade la concha?	1:08	- Las burbujas son la respiración de la concha. - El agua hierve al reaccionar con la concha. - El vinagre reacciona con el carbonato de la concha liberando CO <sub>2</sub>
3) ¿Puede el aumento de la acidez de los océanos afectar a la fauna marina?	1:32	- Verdad - Falso

Tabla 1. Elementos de interactividad insertados en video convencional.

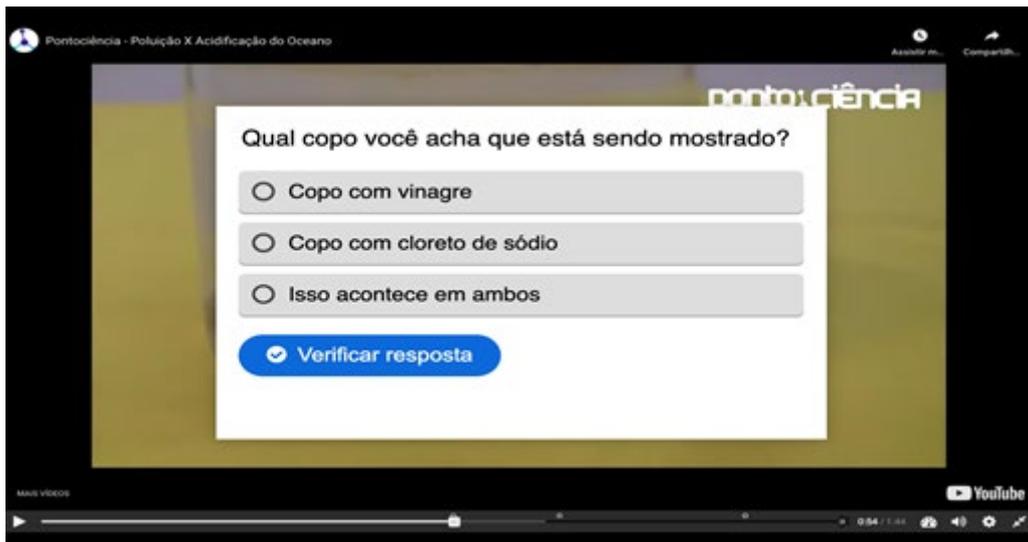


Figura 3. captura de pantalla cuando aparece el elemento de interactividad "Pregunta 1" en el vídeo.

2) Difusión de la propuesta de investigación en las escuelas y selección de los participantes: la propuesta de investigación se difundió en la escuela participante y los estudiantes dispuestos a participar fueron enviados a un salón exclusivo para la realización de la actividad, donde leyeron y firmaron el Término de Consentimiento Libre e Informado.

3) Aplicación de cuestionarios de conocimientos: antes y después de realizar las actividades de observación de los videos, se realizó la aplicación de cuestionarios de conocimientos sobre el tema de la actividad (Figura 4), con el fin de verificar, a través del cuestionario anterior, los conocimientos previos de los alumnos y, a través del cuestionario posterior, los posibles aprendizajes favorecidos por la participación en la actividad.

4) Realización de la actividad de visualización de los videos y recolección de señales EEG: antes de iniciar la visualización de los videos, se colocó un sensor EEG en cada participante y se activó la aplicación de recolección de bioseñales simultáneamente con una videocámara destinada a la captura de los participantes y las reproducciones de los videos. Así, fue posible sincronizar las señales EEG de los participantes con las acciones que se estaban reproduciendo en los videos. Los videos se reprodujeron en la misma secuencia: primero el video convencional y luego el video interactivo.

5) Pregunta de atención autoinformada: tras la realización del cuestionario posterior, se pedía a los participantes que declararan por escrito en qué momentos de cada uno de los vídeos consideraban que habían estado más atentos.

6) Tratamiento y análisis de datos de EEG: cada gráfico de cada participante emitido por la aplicación Effective Learner se comparó con la grabación de la actividad para asociar la acción que se estaba reproduciendo con los tiempos de atención más altos y más bajos del participante. Las figuras 5, 6, 7 y 8 presentan, a modo de ejemplo, los gráficos emitidos por cada participante durante la visualización del vídeo

convencional. Para los efectos de este estudio, se consideraron como más atención las medidas en verde claro, verde oscuro y azul proporcionadas en los gráficos, y como menos atención las medidas en rojo, naranja y amarillo.

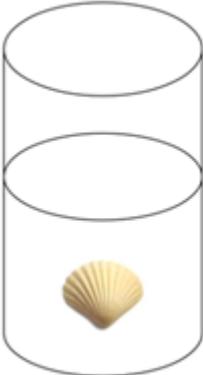
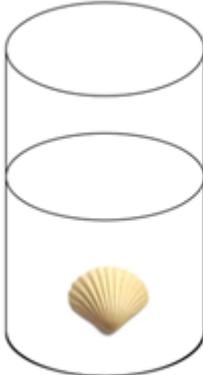
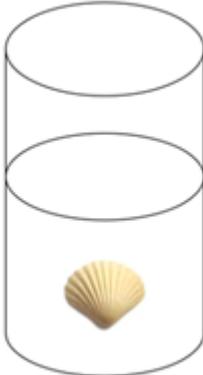
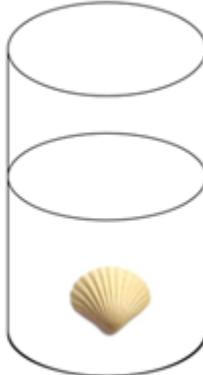
Cuestionario anterior	Cuestionario posterior
<p>Las siguientes preguntas se refieren a la imagen de abajo, en la que el vaso A contiene agua y sal de mesa y el vaso B contiene vinagre. En cada vaso, se añadió una concha.</p>	<p>Las siguientes preguntas se refieren a la imagen de abajo, en la que el vaso A contiene agua y sal de mesa y el vaso B contiene vinagre. En cada vaso, se añadió una concha.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Vaso A: agua + sal de mesa</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Vaso B: agua + vinagre</p>  </div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Vaso A: agua + sal de mesa</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Vaso B: agua + vinagre</p>  </div> </div>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) ¿Crees que sucederá algo inmediatamente cuando coloquemos las conchas en los vasos? Si es así, ¿qué?</li> <li>2) Después de 24 horas, ¿crees que pasará algo? Si es así, ¿qué?</li> <li>3) Si respondió afirmativamente a las preguntas 1 y/o 2, ¿podría explicar químicamente qué sucede?</li> <li>4) ¿Puedes ver alguna similitud entre alguno (o ambos) de los vaso y los océanos? Explique.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) ¿Qué sucede cuando ponemos las conchas en los vasos?</li> <li>2) Después de 24 horas, ¿qué pasará?</li> <li>3) ¿Cómo se explica químicamente lo que sucede?</li> <li>4) ¿Cuál(es) es(son) la(s) similitud(es) entre lo que sucede en los vasos y lo que sucede en los océanos? Explique.</li> </ol>

Figura 4. Cuestionarios aplicados a los participantes antes y después de la práctica experimental.

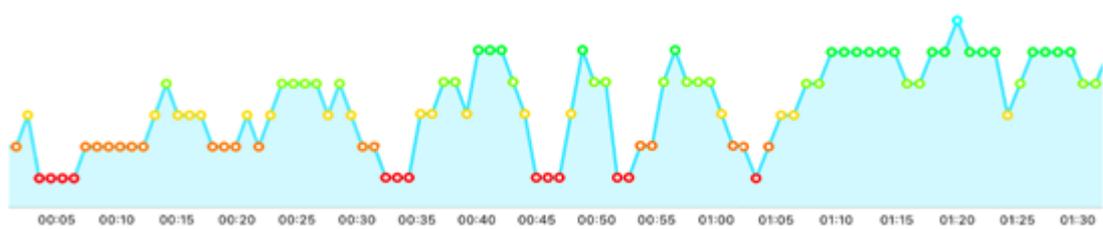


Figura 5. Representación de los niveles de atención proporcionados por la aplicación Effective Learner para participante PT1 durante la actividad de video convencional.

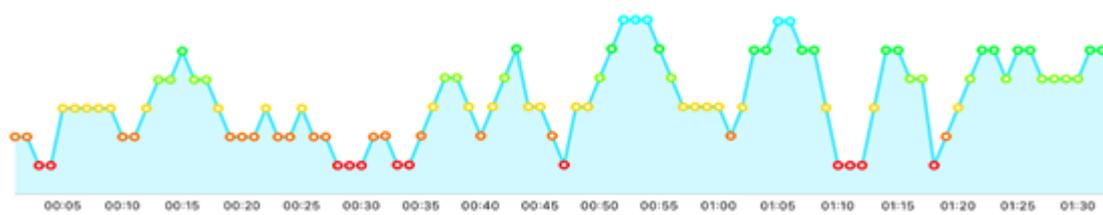


Figura 6. Representación de los niveles de atención proporcionados por la aplicación Effective Learner para participante PT2 durante la actividad de video convencional.

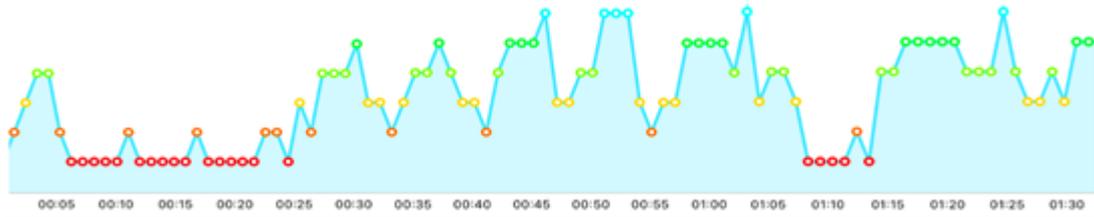


Figura 7. Representación de los niveles de atención proporcionados por la aplicación Effective Learner para participante PT3 durante la actividad de video convencional.

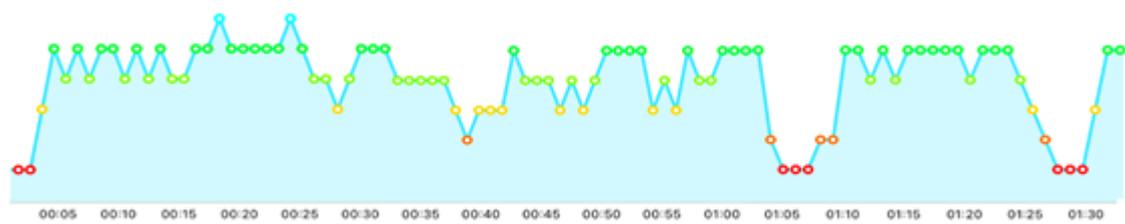


Figura 8. Representación de los niveles de atención proporcionados por la aplicación Effective Learner para participante PT4 durante la actividad de video convencional.

7) Análisis de datos de cuestionarios anteriores y posteriores y atención autoinformada: dichos datos fueron comparados entre sí y con los resultados del EEG en un proceso descrito por Denzin (1988) como triangulación de datos, con el fin de verificar posibles correlaciones entre los conocimientos previos, atención y posibles aprendizajes desencadenados por la actividad.

## Resultados y discusión

### *Respuestas a cuestionarios anteriores*

Las respuestas a los cuestionarios anteriores indicaron un desconocimiento sobre lo que podría pasar con las conchas inmersas en los vasos, y señalaron el tiempo como un factor importante para la observación de alguna evidencia de transformación: "Sí (creo que algo va a pasar inmediatamente), pero no sé qué va a pasar" (PT1); "No (no va a pasar nada inmediatamente), porque puede tardar en hacer efecto" (PT2). También se identifican expresiones asociadas a algún cambio en el color y porosidad de la concha: "(...) la concha va a cambiar de color y dureza" (PT2); «Creo que la concha se expande" (PT4); "Las conchas entrarían en un proceso de limpieza, de purificación" (PT3). Sin embargo, no es posible saber si estas concepciones estarían relacionadas con procesos físicos (como la fricción) o con procesos químicos. Ninguno de los participantes proporcionó una explicación de sus concepciones, ni indicó una similitud entre cualquiera de los vasos y el océano.

### *Análisis de la atención de los participantes al vídeo convencional*

La Tabla 2 presenta los tiempos totales de mayor y menor atención de cada participante durante la actividad de observación al video convencional. Cabe señalar que el video convencional tiene un tiempo total de 103 segundos; sin embargo, para este estudio se consideraron los primeros 92

segundos, ya que los créditos presentados al final del video no fueron reproducidos para los participantes.

Participante	PT1	PT2	PT3	PT4
Tiempo total de actividad de video convencional (s)	92	92	92	92
Tiempo total de mayor atención (s)	43	38	42	67
Porcentaje de mayor atención (%)	46.74	41.30	45.65	72.82
Tiempo total de menor atención (s)	49	54	50	25
Porcentaje de menor atención (%)	53.26	58.70	54.35	27.18

Tabla 2. Tiempos totales de señal de EEG para cada participante durante la actividad de video convencional.

Teniendo en cuenta los tiempos totales de mayor y menor atención de los participantes, podemos observar una gran diferencia entre ellos, lo que era esperado, ya que la selección de los participantes no implicó ninguna medida previa de atención. Estos datos también representan la heterogeneidad que tenemos en un aula. También nos llevan a pensar que la atención no está necesariamente asociada con el interés en la actividad, ya que todos los participantes que estaban dispuestos a participar en la investigación expresaron su interés en hacerlo.

Para analizar las acciones relacionadas con los intervalos de atención más altos, optamos por organizar una tabla (Anexo 1) que muestra las acciones a lo largo del video convencional y los tiempos de atención más efectivos (del verde claro al azul) de cada participante. La Figura 9 presenta, a modo de ejemplo, los gráficos de cada participante acerca de los intervalos de la acción "Muestra los dos vasos vistos desde arriba después de levantar la concha, luego desde perfil, y otra vez desde arriba", que en el video se encuentra entre 0:57 min y 1:10 min (es decir, 14s en total).

Analizando las acciones asociadas a una mayor atención por parte de los participantes (Acciones 6, 8 y 9), podemos destacar aquellas que muestran evidencias inesperadas o contraintuitivas, como la concha moviéndose y desapareciendo después de 24 horas. Con relación a las acciones asociadas a una menor atención, se aprecia una mayor diversidad de situaciones de menor atención en relación a las de mayor atención. Además, las acciones que llamaron menos la atención fueron las aparentemente esperadas o conocidas, como la presentación de materiales cotidianos y la mezcla de sal en agua.

Acerca de la auto-declaración de atención, uno de los cuatro participantes manifestó estar más atento en el momento de la liberación de gas por parte de la concha sumergida en vinagre – "En el momento en que la concha del vaso B comenzó a reaccionar con el vinagre" (PT4) -, mientras que otros dos participantes señalaron más momentos de evidencia de reacciones químicas – "Cuando el vinagre empezó a actuar sobre la concha y luego al final, solo para asegurarme de que pasaría lo que estaba imaginando". (PT2); "En el momento de ver reacciones químicas" (PT3). Solo un

participante manifestó sentirse más atento durante casi todo el video: "Creo que en casi todo el video, porque es algo que voy conociendo" (PT1).

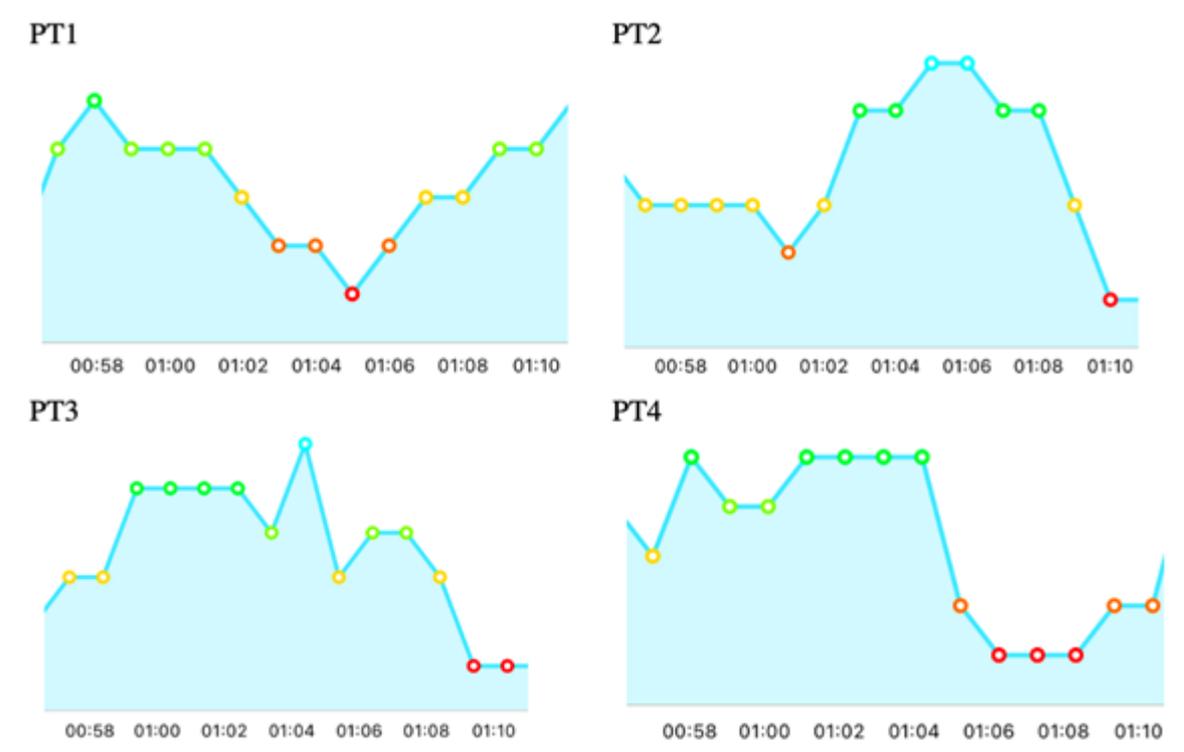


Figura 9. Gráficos de cada participante referidos al intervalo de la acción "Muestra los dos vasos vistos desde arriba después de levantar la concha, luego desde perfil y otra vez desde arriba", durante la actividad de video convencional.

En este sentido, parece que las autopercepciones de atención de los participantes están más relacionadas con la atención externa al tema (Keller et al. 2020), con una especie de atención selectiva o con un efecto de atención orientada a objetivos (Goo et al., 2006), al privilegiar el estímulo dado por la búsqueda o identificación de evidencia de una reacción. Tales autopercepciones corroboran en parte los resultados obtenidos por el EEG, que indicó mayores tiempos de alta atención asociados a acciones explícitas de observación de fenómenos, búsqueda e identificación de evidencias.

#### *Análisis de la atención de los participantes al video interactivo*

La Tabla 3 presenta los tiempos totales de mayor y menor atención de cada participante durante la actividad de observación de video interactivo. Es importante señalar que las diferencias entre los tiempos totales de realización de la actividad se deben a los tiempos de lectura y respuesta de las preguntas presentes en el video interactivo.

Al comparar los resultados de las Tablas 2 y 3, en cuanto a los porcentajes de mayor y menor atención, al igual que en la actividad de video convencional, nuevamente identificamos una diferencia significativa entre los participantes. Sin embargo, llama la atención que tres de los cuatro participantes mostraron una especie de inversión de la intensidad atencional en cada actividad, es decir, quienes mostraron alta atención al video convencional tuvieron baja atención al video interactivo (PT1 y PT2), mientras que el participante que prestó relativamente menos atención al

video convencional tuvo una gran atención al video interactivo (PT4). Vale recordar que las actividades se realizaron siempre en el mismo orden (video convencional – video interactivo).

Participante	PT1	PT2	PT3	PT4
Tiempo total de actividad de video interactivo (s)	143	150	134	144
Tiempo total de mayor atención (s)	104	101	61	47
Porcentaje de mayor atención (%)	72.73	67.33	45.52	32.64
Tiempo total de menor atención (s)	39	49	73	97
Porcentaje de menor atención (%)	27.27	32.66	54.47	67.36

Tabla 3. Tiempos totales de señal de EEG para cada participante durante la actividad de video interactivo.

En el caso de los participantes que prestaron más atención al video interactivo, podemos suponer que esto se debe a la motivación de los estudiantes por contestar correctamente las preguntas, ya que no habían prestado tanta atención la primera vez que vieron el video (en su versión convencional). Por otro lado, la motivación también puede justificar la disminución de la atención del participante del PT4 al realizar el video interactivo ya que, seguro que sería el mismo video al que había prestado atención la primera vez, no habría por qué volver a dedicarle atención, simplemente dirigiéndolo cuando surgen las preguntas. Esta hipótesis se apoya en los datos de EEG de cada participante al compararlos con las acciones realizadas durante la actividad con video interactivo, y puede relacionarse con los resultados del estudio de Derbali y Frasson (2012) sobre la evaluación de la motivación a partir de datos de EEG. En este estudio, los autores definen la motivación como aquello que explica la dirección y la magnitud del comportamiento, es decir, qué objetivos las personas eligen perseguir y cómo los persiguen, y la atención como uno de los elementos constitutivos de la motivación. Así, las medidas de atención serían buenos indicadores de la motivación de los estudiantes en relación con las tareas escolares, como estos autores defienden a partir de los resultados presentados en dicho estudio.

De manera similar a la realizada para el análisis de las acciones frente al video convencional, presentamos en el Anexo 2 las acciones relacionadas con el tiempo de atención de cada participante durante la actividad con el video interactivo.

Analizando los Anexos 1 y 2 en conjunto, podemos identificar que los dos primeros intervalos, tanto en video convencional como interactivo, generaron menor atención en todos los participantes. A partir de la Acción 3 se aprecia un aumento en el tiempo de atención de los participantes PT1 y PT2 en relación a sus datos en las mismas acciones en el video convencional. Para el participante PT4, el tiempo de atención en las acciones del video interactivo idénticas a las del video convencional disminuyó considerablemente. La mayor atención de este participante se dedicó a las acciones A, B y C, que se referían a los momentos de interactividad

presentes en el video interactivo. También es importante destacar que, entre las acciones que despertaron mayor atención en la actividad con video interactivo, además de los momentos de interactividad (Acciones A, B y C), las acciones 6, 8 y 9 continuaron siendo las de mayor atención, con especial énfasis en la Acción 6, que presenta las principales evidencias del fenómeno en cuestión.

Finalmente, los momentos de interactividad fueron declarados por todos los participantes como los más atentos: "En las preguntas, porque ya había visto el vídeo" (PT1); "En los momentos de las preguntas, para saber si iba a acertar" (PT2); "Al responder preguntas" (PT3); "En cada pregunta" (PT4). Estas autopercepciones de atención parecen estar relacionadas tanto con la atención interna al tema (Keller et al., 2020), como con acciones en las que los participantes necesitaban reflexionar sobre las observaciones, elaborar nueva información y asociar nuevos conceptos con sus concepciones previas para formular respuestas, como la atención externa al tema, ya que, aparentemente, existen estímulos sensoriales externos vinculados a la actividad (preguntas) y también manifestaciones explícitas de atención por parte de los participantes al leer y responder las preguntas.

#### *Respuestas a cuestionarios posteriores*

En cuanto a los resultados de los cuestionarios posteriores, se aprecia la identificación de evidencias de liberación de gases por parte de todos los participantes: "El vaso con vinagre se llena de bolitas, y el vaso con sal no pasa nada" (PT1); "La concha ubicada en el vaso B entra en contacto con el vinagre, provocando que éste desprenda gas, generando burbujas a la superficie" (PT2); "El vinagre reacciona con la concha produciendo gas" (PT4). También se identificó, como evidencia después de 24 horas, la desintegración de la concha sumergida en vinagre: "La concha se desmorona" (PT3); "La concha en el vaso con vinagre se desintegra" (PT4). Además, se mencionó un cambio de color – "En el vaso B, después de 24 horas, la concha seguirá liberando gas y dejando un color en la superficie" (PT2), lo que no es evidencia de una reacción entre el ácido acético y carbonato de calcio; sin embargo, como es una reacción con una concha natural, el cambio de color posiblemente esté asociado con otras sustancias presentes en la misma.

En cuanto a la explicación química, dos participantes (PT1 y PT3) no respondieron, mientras que el participante PT2 volvió a describir el fenómeno ("El vinagre entra en contacto con la concha liberando gas") y el participante PT4 fue el único en utilizar un término asociado con la reacción ("La concha reacciona con el vinagre para producir gas"). Finalmente, en cuanto a la similitud con el océano, el participante PT4 afirmó que "El vaso con vinagre representa el océano con contaminación", mientras que el participante PT3 comentó que "(El vinagre) puede dañar a los peces y romper todas las conchas".

De estas respuestas, podemos ver que no hubo apropiación de la reacción química involucrada, a pesar de que apareció como respuesta a una de las preguntas en el video interactivo (Acción B). Tal resultado es esperable, ya que la única exposición de información específicamente asociada a dicha reacción química fue únicamente en la Acción B.

## **Conclusiones e implicaciones**

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la atención de los estudiantes a dos tipos de recursos didácticos actualmente muy utilizados en la enseñanza de las ciencias: el video en versión convencional e interactiva. La elección del video en cuestión se basó en varios criterios, siendo el principal que se tratara de una actividad experimental realizada con materiales cotidianos. Esta elección se reflejó en los resultados encontrados, como el caso de que los momentos de menor atención se relacionaran con objetos y acciones supuestamente conocidas o esperadas por los participantes, y los de mayor atención se asociaran con evidencias inesperadas o contraintuitivas. La confirmación de esta hipótesis requiere de más estudios que busquen correlacionar la atención con el objeto o acción que se muestra en el video. Algunos ejemplos de posibles focos de atención en videos de actividades experimentales serían: presencia de materiales y equipos no cotidianos; aspectos técnico-estéticos, como la superposición de pantallas y la presencia de elementos gráficos complementarios, como fotografías, dibujos, leyendas, entre otros; elementos auditivos como la voz de un narrador o el sonido provocado por el propio experimento; y la presencia de algún elemento social (como una figura humana real o virtual).

Una propuesta para mejorar la atención a los vídeos asociada a elementos sociales ha sido formulada por Chen y Wu (2015), al rescatar la hipótesis de las claves sociales de Rutter (1984), que afirma que el resultado de la mayoría de las comunicaciones es más efectiva si contiene claves sociales naturales. Un agente pedagógico en un video (por ejemplo, un personaje de dibujos animados o una imagen de un instructor real) sirve como una señal social, que promoverá un sentido de presencia social. La elección de videos con mayor riqueza de elementos técnico-estéticos y auditivos puede conducir a resultados similares a los descritos en el estudio de Hecht et al. (2006), que evalúa los sistemas multimodales con respecto al aprendizaje. Según estos autores, al interactuar con sistemas multimodales, en los que se combina información sensorial de dos o tres canales (visual, auditivo, táctil), el cerebro asigna una mayor cantidad de atención al activar varias (dos o más) modalidades sensoriales simultáneamente y empleando una mayor cantidad de atención una red neuronal más grande en comparación con el nivel de atención relativamente más bajo que una sola estimulación sensorial (como leer un texto). Además, la información multimodal se procesa más rápido, lo que permite adquirir una gama más amplia de detalles, completar la información faltante de un canal sensorial con señales de otro canal sensorial e integrar todo de una manera activa y creativa. Del mismo modo, podemos suponer que el esfuerzo cognitivo más detallado al ver un video con mayores elementos visuales y auditivos puede provocar una mayor atención en el alumno.

En cuanto a la metodología de investigación propuesta, podemos decir que permitió un análisis cualitativo de la atención de los participantes, aun cuando se utilizó una herramienta con datos cuantitativos, en este caso, los gráficos de niveles de atención emitidos por la aplicación Effective Learner. En este sentido, el método de análisis propuesto, relacionando las acciones mostradas en los videos con las intensidades de atención, mostró la usabilidad de esta aplicación no solo con fines de investigación educativa,

sino también como una posible tecnología futura de apoyo a los docentes en el aula, ya que es sencillo de manejar e interpretar.

En cuanto a los resultados, señalaron la correlación entre una mayor atención y acciones sobre evidencias inesperadas o contrarias a la intuición y elementos de interactividad. Con relación a las evidencias, la atención parece estar asociada, según las clasificaciones de Keller et al. (2020), a la atención externa al tema, mientras que los elementos de interactividad parecen provocar tanto la atención externa (cuando el participante necesita leer la pregunta en pantalla y luego hacer clic en la respuesta) como la atención interna al tema (cuando el estudiante necesita reflexionar sobre la pregunta, lo que ya sabe y lo que vio en el video para responder la pregunta). En este sentido, los resultados indican que el video interactivo puede provocar, por su propia estructura, ambos tipos de atención al tema.

Por otro lado, cabe señalar que no es función exclusiva de un recurso didáctico llamar la atención de los estudiantes, ya que debe insertarse en una secuencia didáctica que motive el aprendizaje del estudiante. Corresponde al profesor, a su vez, elegir el mejor recurso, adaptarlo y hacer uso de él según el tipo de atención que se quiera suscitar en el alumno. Asimismo, el recurso didáctico no es responsable del aprendizaje efectivo y completo del estudiante. En este estudio, ambos recursos se aplicaron de forma aislada, sin ser incluidos en ninguna propuesta didáctica, lo que resultó en respuestas mucho más descriptivas que explicativas en relación al fenómeno presentado.

Por fin, hay que reflexionar sobre las relaciones entre la atención, el aprendizaje y la motivación de los estudiantes. Las autodeclaraciones de atención de los participantes enfatizaron momentos de atención externa al tema y momentos de interactividad. Esto nos lleva a pensar en la necesidad de desarrollar la metacognición de los estudiantes (Campanario, 2000; Pérez y Galli, 2020), siendo la percepción de la propia atención (tanto externa como interna al tema) uno de los elementos de control, orquestación y regulación de los propios procesos cognitivos. Para ello, el docente puede orientar la atención de los alumnos de forma deliberada, como proponen Seidel et al. (2015), discutiendo previamente cuáles serían las evidencias experimentales del fenómeno a observar, interrumpiendo el video en determinados momentos y resaltando las evidencias en la pantalla, o dando instrucciones claras sobre cuándo y cómo se debe activar la atención interna (cómo para dirigir la atención de los estudiantes a sus propias ideas y reflexiones cuando surgen preguntas en un video interactivo). De esta forma, además de la atención, el docente estará proporcionando a los estudiantes momentos de movilización de los cuatro componentes de la motivación – atención, relevancia, confianza y satisfacción (Derbali y Frasson, 2012) –, ayudándolos a seleccionar información relevante y a darse cuenta de que son capaces de dirigir su atención a los propios objetivos de aprendizaje, lo que se traduce en una mayor confianza en sí mismos y una mayor satisfacción en la ejecución de los procesos y la obtención de los resultados del aprendizaje.

## Agradecimientos

Este estudio forma parte de la investigación "Análisis de la atención de los estudiantes en actividades de enseñanza de ciencias a través de mapas cerebrales con electroencefalogramas", aprobado y realizado con recursos financieros de la Convocatoria MCTIC/CNPq 05/2019 – Programa Ciência na Escola (proceso 440760/2019-4).

## Referencias

Arroio, A. y Giordan, M. (2006). O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. *Química Nova na Escola*, 24(1), 8-11. Recuperado de: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc24/eqm1.pdf>

Ausubel, D.P., Novak, J.D. y Hanesian, H. (1980). *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.

Berk, A. y Rocha, M. (2019). O uso de recursos audiovisuais no ensino de ciências: uma análise em periódicos da área. *Contexto e Educação*, 107, 72-87. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.21527/2179-1309.2019.107.72-87>

Bos, A., Zaro, M., Prestes, L. P., Pizzato, M. C., Azevedo, D. F. G., Avila, F. R. y Batista, M. (2019). Student's attention: The use of Brain Waves Sensors in Interactive Videos. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 6(4), 155-157. Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.6.4.18>

Campanario, J. M. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 18(3), 369-380. Recuperado de: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21685>

Carvalho, A. A., Garcia, J. S., Mateus, A. L. y Vilas-Boas, A. (2012). Pontociência: portal colaborativo para o compartilhamento de experimentos em ciencia. *Anais do IV ENEBIO e II EREBIO da Regional 4*, 1-8. Goiânia: SBENBIO. Recuperado de: [https://sbenbio.org.br/publicacoes/anais/IV\\_Enebio/4410.pdf](https://sbenbio.org.br/publicacoes/anais/IV_Enebio/4410.pdf)

Carvalho Junior, C. V. O. (2012). Neuroaccounting: mapeamento cognitivo cerebral em julgamentos de continuidade operacional. *Tesis de doctorado*. Universidade de São Paulo. Recuperado de: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12136/tde-03092012-192210/publico/CesarValentimdeOliveiraCarvalhoJunior.pdf>

Chen, C. M. y Lin, Y. J. (2016). Effects of different text display types on reading comprehension, sustained attention and cognitive load in mobile reading contexts. *Interactive Learning Environments*, 24, 553-571. Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/10494820.2014.891526>

Chen, C. M. y Wu, C.H. (2015). Effects of different video lecture types on sustained attention, emotion, cognitive load, and learning performance. *Computers & Education*, 80, 108-121. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.015>

Denzin, N. K. (1988). Triangulation in educational research. En J. P. Keeves (Ed.), *Educational research, methodology, and measurement. An international handbook*. Oxford: Pergamon Press.

Derbali, L., Frasson, C. (2012). Assessment of learners' motivation during interactions with serious games: a study of some motivational strategies in food-force. *Advances in Human-Computer Interaction, 2012*, 1-15. Recuperado de: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1155/2012/624538>

Farwell, L.A. y Donchin, E. (1988). Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 70(6)*, 510-523. Recuperado de: [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(88\)90149-6](https://doi.org/10.1016/0013-4694(88)90149-6)

Gomes, L. F. (2008). Vídeos didáticos: uma proposta de critérios para análise. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos, 89(223)*, 477-492. Recuperado de: <https://doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.89i223.688>

Goo, J. J., Park, K. S., Lee, M., Park, J., Hahn, M., Ahn, H. y Picard, R. W. (2006). Effects of guided and unguided style learning on user attention in a virtual environment. En Z. Pan, R. Aylett, H. Diener, X. Jin, S. Göbel y L. Li, (Eds.), *Technologies for E-Learning and Digital Entertainment. Edutainment 2006. Lecture Notes in Computer Science, 3942* (pp. 1208-1222). Berlin: Springer. Recuperado de: [https://doi.org/10.1007/11736639\\_151](https://doi.org/10.1007/11736639_151)

Hecht, D., Reiner, M. y Halevy, G. (2006). Multimodal Virtual Environments: Response Times, Attention, and Presence. *Presence, 15(5)*, 515-523. Recuperado de: <https://doi.org/10.1162/pres.15.5.515>

Keller, A. S., Davidesco, I. y Tanner, K. D. (2020). Attention Matters: How Orchestrating Attention May Relate to Classroom Learning. *CBE-Life Sciences Education, 19(3)*, 1-9. Recuperado de: <https://www.lifescied.org/doi/pdf/10.1187/cbe.20-05-0106>

Kleih, S. C., Kaufmann, T., Zickler, C., Halder, S., Leotta, F., Cincotti, F. y Kübler, A. (2011). Out of the frying pan into the fire-the P300-based BCI faces real-world challenges. *Progress in Brain Research, 194*, 27-46. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53815-4.00019-4>

Lehner, F. (2014). Interaktive videos als neues medium für das elearning. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 48(1)*, 51-62. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/BF03340549>

Lima, R. F. (2005). Compreendendo os Mecanismos Atencionais. *Ciência e cognição, 6(1)*, 113-122. Recuperado de: [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-58212005000300013](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212005000300013)

Liu, N. H., Chiang, C. Y. y Chu, H. C. (2013). Recognizing the degree of human attention using EEG signals from mobile sensors. *Sensors, 13(8)*, 10273-10286. Recuperado de: <https://doi.org/10.3390%2Fs130810273>

Pérez, G. y Galli, L. M. G. (2020). Una posible definición de metacognición para la enseñanza de las ciencias. *Investigações em Ensino De Ciências, 25(1)*, 384-404. Recuperado de: <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n1p384>

Pizzato, M. C., Nunes, J. G., Rocha, P. S., Santos, S. A. y Bos, A. S. (2021). Critérios e avaliação de vídeos de atividades práticas de química na plataforma MEC RED. En N. O. S. Lacerda y R. Loguercio (Eds.), *Anais do XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Campina Grande: Realize Editora. Recuperado de: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/76451>

Rutter, D. R. (1984). *Looking and seeing: The role of visual communication in social interaction*. New York: Wiley.

Santos, S. A. (2015). Análise das atividades práticas presentes nos livros didáticos de biologia avaliados pelo PNLEM de 2007 a 2012. *Tesis de Maestría*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10183/130699>

Seidel, S. B., Reggi, A. L., Burrus, J. N. y Tanner, K. D. (2015). Beyond the biology: a systematic investigation of non content instructor talk in an introductory biology course. *CBE-Life Sciences Education*, 14(43), 1-14. Recuperado de: <https://doi.org/10.1187%2Fcbe.15-03-0049>

Wolpaw, J. y Wolpaw, E.W. (2012). *Brain-Computer Interfaces: Principles and Practice*. Oxford: Oxford University Press.

Yin, R. K. (2005). *Estudo de caso - planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman.

Zhang, D., Zhou, L., Briggs, R. O, y Nunamaker, J. F. (2006). Instrucional video in e-learning: assessing the impact of interactive video on learning effectiveness. *Information & Management*, 43(1), 15-27.

**Anexo 1.** Tiempos totales y promedio de atención al video convencional de cada participante. Leyenda: Int. = intervalo de tiempo en el video, en minutos; TTInt = tiempo total del intervalo, en segundos; Part. = participante; TTMAVC = tiempo total de mayor atención al video convencional, en segundos; PMA = promedio de mayor atención en relación al intervalo, en segundos y porcentaje; TTmaVC = tiempo total de menor atención al video convencional, en segundos; Pma = promedio de menos atención en relación al intervalo, en segundos y porcentaje.

Acción	Int. (min)	TTInt (s)	Part.	TTMAVC (s)	PMA (s, %)	TtmaVC (s)	Pma (s, %)
1) Surge el título del video	0:01-0:08	8	PT1	0	1.75 / 21.87	8	6.25 / 78.13
			PT2	0		8	
			PT3	2		6	
			PT4	5		3	
2) Presentación de materiales con descripción	0:09-0:19	11	PT1	1	4.25 / 38.64	10	6.75 / 61.36
			PT2	5		6	
			PT3	0		11	
			PT4	11		0	
3) Una mano toma una cuchara, agrega sal a un vaso y mezcla	0:20-0:28	9	PT1	4	3.25 / 36.11	5	5.75 / 63.89
			PT2	0		9	
			PT3	1		8	
			PT4	8		1	
4) Una mano toma las conchas y las coloca en los vasos	0:29-0:37	9	PT1	1	4 / 44.44	8	5 / 55.56
			PT2	1		8	
			PT3	5		4	
			PT4	9		0	
5) Muestra los dos vasos vistos desde arriba justo después de colocar las conchas	0:38-0:49	12	PT1	6	5 / 41.67	6	7 / 58.33
			PT2	3		9	
			PT3	6		6	
			PT4	5		7	
6) La concha se eleva cuando es empujada por el gas formado debajo de ella	0:50-0:56	7	PT1	3	5.25 / 75.00	4	1.75 / 25.00
			PT2	7		0	
			PT3	5		2	
			PT4	6		1	
7) Muestra los dos vasos vistos desde arriba después de levantar la concha, luego desde perfil y otra vez desde arriba	0:57-1:10	14	PT1	7	7 / 50.00	7	7 / 50.00
			PT2	6		8	
			PT3	8		6	
			PT4	7		1	
8) Muestra el resultado 24 horas después, vaso con vinagre visto de perfil	1:11-1:18	8	PT1	8	6 / 75.00	0	2 / 25.00
			PT2	4		4	
			PT3	4		4	
			PT4	8		0	

9) Muestra resultado 24 horas después, vasos vistos desde arriba	1:19-1:32	14	PT1	13	11 / 78.57	1	3 / 21.43
			PT2	12		2	
			PT3	11		3	
			PT4	8		6	

**Anexo 2.** Tiempos totales y promedio de atención al video interactivo de cada participante. Leyenda: Int. = intervalo de tiempo en el video, en minutos; TTInt = tiempo total del intervalo, en segundos; Part. = participante; TTMAVI = tiempo total de mayor atención al video interactivo, en segundos; PMA = promedio de mayor atención en relación al intervalo, en segundos y porcentaje; TTmaVI = tiempo total de menor atención al video interactivo, en segundos; Pma = promedio de menos atención en relación al intervalo, en segundos y porcentaje.

Acción	Int. (min)	TTInt (s)	Part.	TTMAVI (s)	PMA (s, %)	TtmaVI (s)	Pma (s, %)
1) Surge el título del video	0:01-0:08	8	PT1	0	0 / 0.00	8	8 / 100.00
			PT2	0		8	
			PT3	0		8	
			PT4	0		8	
2) Presentación de materiales con descripción	0:09-0:19	11	PT1	0	2.75 / 25.00	11	8.25 / 75.00
			PT2	9		2	
			PT3	0		11	
			PT4	2		9	
3) Una mano toma una cuchara, agrega sal a un vaso y mezcla	0:20-0:28	9	PT1	9	5.25 / 58.33	0	3.75 / 41.66
			PT2	9		0	
			PT3	2		7	
			PT4	1		8	
4) Una mano toma las conchas y las coloca en los vasos	0:29-0:37	9	PT1	7	5 / 55.56	2	4 / 44.44
			PT2	5		4	
			PT3	5		4	
			PT4	3		6	
5) Muestra los dos vasos vistos desde arriba justo después de colocar las conchas	0:38-0:49	12	PT1	12	5.5 / 45.83	0	6.5 / 54.17
			PT2	2		10	
			PT3	4		8	
			PT4	4		8	
6) La concha se eleva cuando es empujada por el gas formado debajo de ella	0:50-0:56	7	PT1	4	5.75 / 82.14	3	1.25 / 17.86
			PT2	7		0	
			PT3	5		2	
			PT4	7		0	
A) Presentación de la Pregunta A, reflexión y respuesta de los	0:56	19	PT1	11	12.5 / 60.24	8	8.25 / 39.76
		20	PT2	14		6	
		21	PT3	14		7	

participantes		23	PT4	11		12	
7) Muestra los dos vasos vistos desde arriba después de levantar la concha, luego desde perfil y otra vez desde arriba	0:57-1:10	14	PT1	11	4.5 / 32.14	3	9.5 / 67.86
			PT2	0		14	
			PT3	7		7	
			PT4	0		14	
B) Presentación de la Pregunta B, reflexión y respuesta de los participantes	1:10	18	PT1	18	15.25 / 78.21	0	4.25 / 21.79
			PT2	22		0	
			PT3	9		6	
			PT4	12		11	
8) Muestra el resultado 24 horas después, vaso con vinagre visto de perfil	1:11-1:18	8	PT1	8	5.25 / 65.63	0	2.75 / 34.37
			PT2	8		0	
			PT3	5		3	
			PT4	0		8	
9) Muestra resultado 24 horas después, vasos vistos desde arriba	1:19-1:32	14	PT1	14	9.25 / 66.07	0	4.75 / 33.93
			PT2	14		0	
			PT3	5		9	
			PT4	4		10	
C) Presentación de la Pregunta C, reflexión y respuesta de los participantes	1:32	14	PT1	10	7.25 / 69.05	4	3.25 / 30.95
			PT2	11		5	
			PT3	5		1	
			PT4	3		3	