

# Comunicación y creatividad: su contribución al aprendizaje de temas de física moderna introductoria

Communication and creativity: a contribution to learning about introductory topics in modern physics

Consuelo Escudero<sup>1,2\*</sup> y Daniela Zalazar-García<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>GUDIEC-Departamento de Física. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan. Argentina.

<sup>2</sup>Departamento de Biología, FCFN, Universidad Nacional de San Juan. Argentina.

<sup>3</sup>CONICET-UNSJ. Argentina.

\*E-mail: [cescudero@unsj-cuim.edu.ar](mailto:cescudero@unsj-cuim.edu.ar)

Recibido el 15 de junio de 2021 | Aceptado el 1 de septiembre de 2021

## Resumen

Se presentan los resultados de un estudio de caso sobre los alcances que tienen la comunicación y creatividad científicas sobre tópicos de física moderna introductoria durante el aprendizaje en línea. Se articulan diversos aportes y se precisa el posicionamiento ilocutivo de este trabajo. Luego se discute una intervención didáctica, diseñada y puesta en aula de bioingeniería. La propuesta integrada de tareas ha incluido el rediseño de espacios de aprendizaje en diversos contenidos y modalidades. En esta oportunidad se analiza con minuciosidad la elaboración y composición de videos en pequeños grupos. La metodología utilizada deviene de los marcos teóricos delineados cuyo enfoque metodológico es predominantemente interpretativo. Al buscar desarrollar competencias en el ciclo básico el catalizador parecería ser el desarrollo de competencias generales.

**Palabras clave:** Comunicación científica; Creatividad científica; Competencias; Producción de videos; Evaluación.

## Abstract

The results of a case study on the scope of scientific communication and creativity on introductory topics in modern physics during online learning are presented. Various contributions are articulated and the illocutionary approach of this work is specified. Then a didactic intervention is discussed, designed, showed in a bioengineering classroom. The integrated proposal of tasks has included the re-design of learning spaces in several contents and modalities. On this occasion, the elaboration and composition of videos in small groups are analyzed in detail. The methodology used comes from the outlined theoretical frameworks whose methodological approach is predominantly interpretive. To develop competencies in the basic cycle, the catalyst would appear to be the development of general competencies.

**Keywords:** Scientific communication; Scientific creativity; Competences; Video production; Evaluation.

## I. INTRODUCCIÓN

En un contexto educativo, el uso de la memoria y el desarrollo de determinadas habilidades impuestos durante años –como el mecanicismo en la resolución de problemas–, parecen no ser suficientes para lograr un aprendizaje significativo en un mundo complejo y cambiante. Dicho carácter reproductivo se viene manifestando de diversas maneras. El alumno aprende a tomar atajos. Por ejemplo, identifica cuáles son las “palabras clave” de un texto sin

ahondar en los conceptos, detecta ejemplos de ejercicios, preguntas, problemas que son muy usados por los profesores, encuentra rápidamente las regularidades de los docentes anticipándose a sus preguntas y planteos. El alumno que sale adelante es aquel que logra el cambio de actitud frente al estudio.

En este sentido los docentes han adquirido conocimiento incluido el tecnológico (Lion, 2017). Por lo tanto, se podría esperar que una revolución tecnológica vertiginosa contribuya a las demandas de cambios en la educación (Gómez, 2006).

Por otro lado, en un ámbito de incertidumbre mundial por la pandemia del covid-19, las estrategias pedagógicas han sido objeto de reflexión y reformulación, buscando asistir tanto a los inconvenientes como a las oportunidades (Escudero y Zalazar-García, 2021). Son precisamente esas estrategias las que han permitido matizar con nuevas ideas y herramientas su uso en el aula extendida.

En este trabajo se analiza la promoción del aprendizaje significativo en física moderna a través del uso de tecnología ubicua, con foco en la innovación en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Hemos centrado nuestros esfuerzos en la elaboración de una propuesta integradora. Esta incluye el planteamiento de “situaciones problema nuevas” con/sin el uso de simulación e interpretación de conceptos a través de medios multimedia. Bajo esa concepción, la enseñanza de la física puede aprovechar estos recursos, ya que es posible grabar en video fenómenos físicos, abriendo una estrategia motivacional para los estudiantes que podrían convertirse en productores de sus propias actividades (Pereira, De Souza Barros, De Rezende Filho y Fauthy, 2012).

Algunos estudios muestran el incremento del acceso de recursos multimedia disponibles en internet por parte de estudiantes como soporte tutorial (Roehl, Reddy y Shannon, 2013). Por lo tanto, los recursos multimedia, preferentemente los videos, son una herramienta para dinamizar procesos de enseñanza y de aprendizaje, siempre que haya pertinencia.

El proceso de aprendizaje llevado a cabo con simulaciones o con laboratorios remotos es autorregulado a través de una aproximación de modelado y de pensamiento computacional desarrollado en Escudero y Zalazar-García (2021).

En la literatura existen diversos abordajes enfocados en propiciar un ambiente de aprendizaje en línea, apelando a la innovación para incentivar el acercamiento de los estudiantes a la ciencia. Sin embargo, Romo y Mora (2020) señalan que existe un incremento en los niveles de estrés por parte de los profesores al momento de impartir clases virtuales, siendo la conectividad el factor causal más frecuente. Este concepto podemos extenderlo también a los estudiantes, que se vieron muchas veces superados por la situación.

Un aspecto esencial a tener en cuenta con la producción de contenidos audiovisuales en los ambientes de aprendizaje, es la aparición de diversas habilidades de tipo social. Esta propuesta permite la expresión verbal, textual, gráfica, musical, entre otras, por lo que representa una valiosa herramienta de comunicación (Soto Ortiz, Torres Gastelú y Abrigo Córdoba, 2019).

Bajo estas concepciones, la producción de recursos audiovisuales requiere además el cumplimiento de diversos objetivos intelectuales (académicos), procedimentales y cognitivo-afectivos. Por ejemplo, motivar a los compañeros de clase a pasar por un proceso de metacognición a lo largo de todo el experimento o situación problemática planteada.

Respecto al tipo de creatividad puesta en juego, dependerá del tipo de interacciones dadas entre los conocimientos, la forma de proceder y el grado de compromiso que se tenga con la actividad.

Como seres humanos, todos construimos modelos *ad hoc* acerca de los conceptos, los algoritmos matemáticos, las descripciones físicas, que son imprecisos, incompletos e inconsistentes. Por lo que es necesario enfocar los esfuerzos para que el estudiante desarrolle modelos provisionales que evolucionen hacia versiones más consistentes con modelos científicos.

El presente trabajo introductorio pretende contribuir al debate sobre los alcances que tienen la comunicación y creatividad científicas en el aprendizaje de física y particularmente de conceptos tales como onda y partícula y sus aplicaciones en universitario básico. Es fundamental la toma de conciencia por parte de estudiantes y del equipo docente de que las capacidades y competencias no solo pueden generarse sino también desarrollarse y mejorarse.

## II. MARCO TEÓRICO

Las teorías socioculturales constructivistas no solo conciben el aprendizaje como una construcción personal mediada por la interacción con los otros actores del acto educativo, sino que también entienden al enseñar y al aprender como procesos de comunicación social entre estos actores. Es una construcción conjunta que comporta la negociación de significados y el traspaso progresivo del control y de la responsabilidad del proceso de aprendizaje del profesor al estudiante (Jorba, 2000). En tal sentido, se destaca el papel central que tiene el lenguaje en los procesos de enseñanza y de aprendizaje porque permite no solo la negociación que conduce a acuerdos sino también la construcción de conocimiento.

Moreira (2005) rescata el significado del aprendizaje significativo, pero también argumenta que no es suficiente. Es necesario que sea además de significativo, crítico. Su planteamiento es que el aprendizaje significativo crítico sea una estrategia necesaria para sobrevivir en la sociedad contemporánea.

En este marco, el estudiante no es un receptor pasivo, todo lo contrario. Debe hacer uso de los significados de los que se apropió para poder captar los significados de los materiales “educativos”. En ese proceso, al mismo tiempo que está progresivamente diferenciada su estructura cognitiva, está también haciendo reconciliación integradora para poder identificar semejanzas y diferencias y reorganizar su conocimiento. Es decir, el estudiante construye su conocimiento, produce su conocimiento (Ausubel 1983, 2002).

En medio de un debate acerca de recorridos para una educación en ciencias de calidad, es posible notar un continuo movimiento de búsqueda de caminos para la formación de individuos autónomos capaces de articular el conocimiento científico con intervenciones en su realidad social y tecnológica. Es precisamente en ese movimiento donde se sitúa la noción de aprendizaje ubicuo.

Concebimos el aprender en un mundo algorítmico entre dos corrientes contrapuestas: la que parte del supuesto de que las sociedades progresan gracias a los avances tecnológicos (Álvarez Revilla, 1993) y la que posee una visión tecno-dependiente, que establece a la tecnología como disciplina y control social (Deleuze, 1992). Ambos discursos se entran en la actualidad, para dar lugar a espacios de acción acotados por el mismo contexto descripto (de autonomía muy relativa).

Entre ambos discursos se sitúa García Canclini (2020) quien nos alerta acerca de los desprestigios en que viene cayendo la globalización y, al mismo tiempo, donde las tecnologías digitales fomentan certezas de lo que ganamos, aunque no estén disponibles todas en nuestras propias naciones. Se caracteriza por ello en un uso medido de la tecnología (o del mundo algorítmico) sin extremos, de aplicación flexible y con varios modos de comunicación.

La apropiación cultural consiste en un proceso donde en primera instancia se accede al uso de instrumentos y contenidos en situación interactiva.

A continuación, se articulan algunos aportes sobre creatividad y comunicación y se sigue avanzando en el posicionamiento ilocutivo de este trabajo constituyéndose en una forma de hacer con palabras, parafraseando a Austin (1962).

#### **A. Diferentes perspectivas sobre la creatividad**

El amplio alcance que se le da al término creatividad científica desde las ciencias y otras disciplinas permite que se lo relacione con ideas tales como originalidad, relevancia, conocimiento, transformación y cambio. Parafraseando a Blanco (2009): *“Aprender a pensar creativamente requiere empezar a trabajar tolerando la ambigüedad en situaciones que exijan tomar el tiempo necesario para buscar soluciones diferentes asumiendo los riesgos derivados de ellas”*.

Eso nos exige ser cuidadosos y precisar cuáles son los márgenes dentro de los cuales vamos a definir la creatividad en el marco didáctico. Es en esta búsqueda que aparecen diferentes propuestas de conceptualización de la creatividad. Desde quienes postulan etapas para el pensamiento creativo hasta quienes argumentan que la creatividad es un producto histórico (Wallas, 1926; Weisberg, 1986; Weber y Dixon, 1989 apud Costa, 1994), todas las teorías coinciden en que para que haya creatividad tiene que haber conocimiento. El conocimiento es condición necesaria, aunque no suficiente para que se produzca la creación, también debe existir algo que produzca la chispa, el acto creativo.

Existe un gran consenso a pesar de que un factor importante en dicho acto creativo, es el uso de la analogía.

#### **B. Diferentes perspectivas sobre la comunicación científica**

El extenso efecto que se le da al término comunicación científica permite que se lo relacione con ideas tales como lenguaje, simbolización, estilos comunicativos.

Desde hace ya unas décadas, en el campo de la didáctica de las ciencias se ha desarrollado un interés sobre la comunicación, y en particular por aquella en la que se integran el lenguaje oral y escrito y otros modos semióticos, adhiriendo a la tesis de que una comunicación multimodal (Jewitt, 2013; Doady, 2011) es más formativa para la educación en ciencias.

La exploración de alternativas para la enseñanza de temas complejos sigue funcionando como motor de búsqueda para quienes sostienen una preocupación genuina frente a la enseñanza de las ciencias.

Es bueno saber que habiendo comunicación siempre será posible intercambiar paquetes de valor dentro del aula, ya sea por el contenido, por la significación o tan solo por la mera información.

Seguidamente se discute una intervención didáctica, diseñada y puesta en aula en la que se busca que estudiantes de bioingeniería generen ideas y las comuniquen, siempre dentro de los contenidos de la asignatura.

### III. DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA

El desarrollo de las actividades que suceden día tras día en las instituciones educativas es considerado por Edwards y Mercer (1988) como un proceso en el que profesor y estudiante van creando y desarrollando contextos mentales compartidos, formas comunes de conceptualizar los materiales, los contenidos y todos los elementos del proceso educativo. Es conveniente que los estudiantes realicen muchas actividades, pero sobre todo necesitan adquirir una manera de interpretar sus experiencias, de hablar de ellas. Al hacerlo, generan una memoria colectiva y un conocimiento compartido.

La propuesta de intervención que produjo los datos que aquí se relevan tuvo lugar en Física III (4to Cuatrimestre) de la carrera de bioingeniería. Se ha acompañado al estudiantado en la producción de sus creaciones y se apoyó la inclusión del trabajo con cuatro componentes generales: 1. Planificación, gestión del trabajo y la producción; 2. participación del estudiantado y trabajo en equipo; 3. comunicación y presentación eficaz de ideas; y 4. creatividad.

Los autores de este trabajo, en su rol de docentes investigadores, participaron de la construcción de la secuencia, su puesta en marcha, la evaluación de la misma y el análisis de los resultados atendiendo al logro de capacidades metacognitivas y de autorregulación.

Recuperamos el tema de las experiencias (actividad tipo) como el lugar de posibles articulaciones desde su potencial, pero también desde ciertos recaudos y alertas a considerar. Incluyen comprensión de conceptos y sus relaciones, uso de secuencia lógica y la integración de lenguajes orales, escritos y visuales. Durante el transcurso de las distintas unidades temáticas se incluyeron diez experiencias puente (ver tabla I) que fueron elaboradas y desarrolladas en parte por docentes y en parte por los estudiantes.

**TABLA I:** Experiencias puente propuestas y desarrolladas por docentes y estudiantes.

Nombre de la experiencia	Tipo de actividad	Destinado	Diseñado por
Arte y ciencia: Video musical	Trabajo práctico: Cuestionario	Estudiantes	Docentes
Diseño de situaciones problema nuevas parcial 1.	Evaluación parcial Nº 1	Estudiantes	Docentes
Retroalimentación de la evaluación parcial I	Algunas respuestas y modos de resolver	Estudiantes	Docentes
Saberes previos y predicción de efecto fotoeléctrico	Trabajo práctico	Estudiantes	Docentes
Diseño de situaciones problema nuevas configurando parcial 2.	Evaluación parcial Nº 2	Estudiantes	Docentes
Simulación de efecto fotoeléctrico: <a href="https://www.geogebra.org/m/wzfh8etj">https://www.geogebra.org/m/wzfh8etj</a> (Escudero y Zalazar-García, 2021).	Trabajo práctico	Estudiantes	Docentes
Respuestas a actividad de simulación.	Guía con una estructura básica, que puede ser enriquecida con aportes adicionales u otros análisis más exhaustivos.	Estudiantes	Docentes
Diseño de situaciones problema nuevas parcial 3.	Evaluación parcial Nº 3.	Estudiantes	Docentes
10 videos de situaciones problemáticas	Soluciones explicativas específicas que atravesaron la cursada	Estudiantes	Docentes
Concurso de videos sobre resolución de problemas de lápiz y papel o experimentales.	Tarea integrativa final.	Estudiantes y docentes	Estudiantes

Se ha buscado construir ambientes que favorezcan procesos de modelado y argumentación. La simulación permite ubicar al estudiante en un contexto que imite algún aspecto de la realidad y ubique en ese entorno situaciones, problemáticas o reproductivas, que en algunas ocasiones conllevan escenarios de total abstracción. En este sentido, hacen del proceso de simulación una técnica precisa para tomar decisiones en situaciones problema.

En particular, GeoGebra es un software de licencia libre para procesar datos matemáticos y evaluarlos desde el punto de vista geométrico o algebraico. Posee la ventaja de programar modelos en diversas disciplinas.

Se ha trascendido el uso del recurso combinando problemas, laboratorio experimental y simulaciones al promover el pensamiento algorítmico, el trabajo con funciones y vectores, la integración de lenguajes visuales y la comprobación con GeoGebra. Se ha apostado a una inclusión de consignas que involucren procesos de pensamiento superiores.

Precisamente la riqueza y el desafío de usar como herramienta una simulación, diseñada en GeoGebra por una docente investigadora, residen en que el estudiante tenga que elaborar el modelo y analizar distintas situaciones en las que se hayan cambiado/modificado las condiciones de contorno.

El concurso de video –última actividad mencionada en la tabla I– consistió en la auto filmación de los alumnos resolviendo un problema integrativo de lápiz y papel o experimental seleccionado, relacionado a tópicos de la asignatura. Éste fue presentado y defendido por ellos mismos en grupos pequeños, específicamente cuatro grupos de tres o dos integrantes. Cada grupo presentó un video, resultando cuatro: A, B, C y D. La producción de estos videos se describe en el apartado siguiente. Fue expuesto y defendido en el aula virtual frente a los otros estudiantes y al equipo docente. Este concurso se diseñó con bases en la premisa que requiere: “*Trabajar en un clima creativo debe asegurarse con altas dosis de motivación; y con la presencia del reto y la provocación*” (Blanco, 2009). La finalidad además ha sido socializar las producciones realizadas y acordar el peso de cada uno de los aspectos evaluados. En este sentido, se ha considerado la interacción social, con fines comunicativos. Por lo que los aspectos evaluados explícitamente son el uso del lenguaje técnico, en combinación con el lenguaje corporal y coloquial. También se consideró el uso de relaciones conceptuales y la puesta en práctica, el empleo de modelado con condiciones de contorno y ecuaciones. Otro aspecto evaluado fue la creatividad en la forma de presentar la información. También la planificación y organización de tareas porque permitió evidenciar el trabajo cooperativo entre pares.

Si bien el concurso de videos es el eje sobre el que se hace el análisis principal, la intervención didáctica reseñada se ha mostrado clave para la producción lograda.

Las situaciones problemáticas y las características de la intervención didáctica son los factores que permiten detectar el tipo de aprendizaje y sus cualidades. Entre ellas la creatividad. Ausubel (1983, 2002) lo denominó aprendizaje significativo combinatorio, otorgando un lugar preponderante a una de las funciones de la mente más preciada, la combinación. Se ha apostado, en síntesis, a una formación más integral procurando innovar en los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

#### IV. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación forma parte de un proyecto que se diseñó con dos hipótesis de importancia que continúan al trabajo realizado durante el ciclo lectivo 2020 (Escudero y Zalazar-García, 2021):

- La generación de ambientes de aula contextualizados en situaciones problema sociocientíficas tecnológicas resulta un marco estimulante y desafiante para la construcción sobre todo de competencias de comunicación y creatividad en estudiantes del ciclo básico universitario de ingeniería.
- Las propuestas de enseñanza basadas en situaciones problema sociocientíficas tecnológicas favorecen el interés de los estudiantes por la ciencia y sus complejas relaciones con la sociedad, y mejoran la calidad y frecuencia de sus intervenciones de comunicación y creatividad no sólo en el aula virtual.

El estudio se llevó a cabo principalmente analizando la actividad “concurso de videos”. Se realizó con 11 estudiantes al finalizar el dictado de clases y las evaluaciones parciales, en modalidad de aula virtual extendida.

La metodología utilizada deviene de los marcos teóricos delineados. Se adoptó un enfoque de estudio de caso. El eje del análisis y de los resultados de las producciones ha residido en la calidad intrínseca de los argumentos en un contexto de física aplicada y en un espacio social mixto donde los interlocutores interaccionan. Estos videos tienen un claro propósito: integrar diversos contenidos de la asignatura y algunas articulaciones. En forma indirecta brindan elementos sobre el punto de vista construido por los alumnos hasta el momento.

##### A. Registro y evidencia de capacidades y competencias

La comunicación entre compañeros estimula el aprendizaje pues posibilita colaborar en objetivos y actividades. Profesor y estudiantes, o estudiantes entre sí cuando trabajan cooperativamente, han de compartir, aunque sea parcialmente, la definición de la situación, sabiendo además que la comparten. En el caso que no se dé la comunicación, debería producirse una negociación que dé lugar a una nueva definición intersubjetiva de la situación.

Para Jiménez Aleixandre & Díaz de Bustamante (2003) la secuencia argumentativa es una representación que permite comprender lo que ocurre en las clases en términos de comunicación en general. En la presente se extiende a los guiones de los videos producidos.

Bajo esta perspectiva, las categorías analíticas elaboradas en principio han sido cinco (5) y las denominamos componente: teórica (CT), creativa (CC), experimental (CE), de comunicación (CDC) y de organización-planificación-ejecución (COPE).

Para registrar y evidenciar los avances generados, se identificaron características englobadas por los componentes teóricos de los videos del “Concurso de videos”, descrito como la última actividad en la tabla I. Se consideró el siguiente criterio de ponderación: aquellos videos, cuyas componentes teóricas difieren más del modelo científico

consensuado, se enumeran con el puntaje más bajo, asignando el puntaje mínimo de (1) e incrementando hacia el (3) o a (4), máximo, para aquellos videos más acordes con el modelo científico consensuado. Esta categoría contribuye con el 70 % en el puntaje total de la tarea integrativa descrita en la metodología de la investigación, siendo el 30 % asignado al resto de las componentes, es decir 7,5 % cada una (ver tabla II).

La componente creatividad, además de incluir música, animación y otros (tabla II), merece un comentario especial que se hará en el apartado siguiente. La componente experimental valora la capacidad de llevar al campo práctico experiencial los contenidos teóricos y a veces se ha recurrido a efectos epistémicos articulados con las tecnologías como señalamos. Por otro lado, la componente comunicativa se basa en la utilización de recursos tales como el humor, interpretación y actuación entre otros, y si se citaron fuentes de información de relevancia. La componente de organización-planificación-ejecución se refiere a si las tareas de planificación/organización – altamente relacionadas con el trabajo cooperativo – condujeron al resultado de comunicación efectiva de saberes. Al igual que en la componente teórica, en las restantes, para su calificación, se ha seguido el mismo criterio.

A continuación, se consigna una descripción y un breve análisis de los videos producidos. Los videos completos se pueden ver en: [https://drive.google.com/drive/folders/1WFrUcJLX6Ialsvu2VOA4axQY\\_df2LcwG?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1WFrUcJLX6Ialsvu2VOA4axQY_df2LcwG?usp=sharing).

- *Video A. Hipótesis de De Broglie.* La primera parte del video hace una reseña histórica y describe el modelo de efecto fotoeléctrico de Albert Einstein, mediante el cual, logró explicar el experimento basado en la emisión de un haz de luz sobre una placa metálica. También explica la dualidad onda-partícula con el experimento de doble rendija, en el cual, la luz pasa por ambos orificios, formando patrones de interferencia constructiva y destructiva. Para ello emplean efectos de edición, animación en un ambiente o entorno de diapositivas. Bajo este contexto, presentan los postulados de De Broglie. Posteriormente, detallan el experimento de Davisson–Gerner, quienes validaron los postulados de De Broglie. Finalmente explican, mediante una situación problemática, propuesta por el equipo docente durante el dictado de clases, un ejemplo de aplicación de la hipótesis de De Broglie. La tabla II muestra que este video obtuvo el menor puntaje en la componente experimental o de caso práctico, ya que no se cumplió, en este sentido, con la búsqueda de una situación problemática no dada en clase.

- *Video B: Radioactividad - Experimentación con cámara de niebla.* Este video comienza en el entorno que simula un chat entre amigas y bajo éste, comienzan a introducir la temática de la radioactividad. Detallan en qué consiste y qué tipos existen, así como su origen natural o artificial. Su poder de penetración en la materia y sus principales características. Posteriormente explican la situación problemática de una momia egipcia y la determinación de su antigüedad a partir de la medición del isótopo radiactivo del carbono 14. La segunda parte de este video se basa en el experimento de cámara de niebla, que consiste en mostrar un dispositivo emisor de partículas  $\alpha$  y  $\beta$  a partir de una ionización  $\gamma$ . Utilizan materiales tales como esponja, alcohol isopropílico (por su baja energía de ionización, que facilita la escisión de las moléculas, y con esto, la visualización de las partículas). En la boca del frasco, colocaron el filtro y debajo de él, el hielo seco. El hielo seco produce la condensación del alcohol formando una niebla y una partícula cargada eléctricamente disocia a una molécula de alcohol, produciendo partículas  $\alpha$  y  $\beta$ . En esta parte, los estudiantes muestran las características de cada tipo de radiación al observarlas en dicho experimento: las partículas  $\alpha$  al tener poca energía de disociación poseen o dejan una estela de niebla gruesa y muy marcada, mientras que las partículas  $\beta$  son más ligeras y pueden cambiar su dirección (en zigzag o curvilíneo).

- *Video C: Efecto fotoeléctrico.* El video cuenta con una parte teórica: explicación de conceptos fundamentales, una parte de un caso práctico de una situación problemática y finalmente, un experimento de dos circuitos integrados lumínicos para corroborar la existencia de efecto fotoeléctrico. Comienzan explicando técnicamente la celda de vacío para efecto fotoeléctrico y sus conceptos fundamentales. En este contexto, definen la potencia de frenado como aquel en el cual la corriente fotoeléctrica es igual a cero. Luego describen las ecuaciones, sus relaciones e importancia física en la temática, las que incluyen la energía de la luz incidente, la función trabajo, frecuencia umbral, constante de Planck y velocidad de la luz, la energía cinética máxima y su aplicación en el ejemplo de la celda de vacío para efecto fotoeléctrico. Posteriormente, detallan conceptualmente las lecturas de dos gráficos muy utilizados para el estudio del efecto fotoeléctrico. Una de la intensidad de corriente vs. la diferencia de potencial y la segunda gráfica, la diferencia de potencial vs. la frecuencia. Los estudiantes describen adecuadamente las situaciones físicas en términos de las condiciones de contorno en las gráficas analizadas. Respecto de la segunda gráfica, los estudiantes muestran dos rectas correspondientes a dos materiales diferentes. En estas circunstancias, los alumnos encuentran relaciones físicas entre las ecuaciones principales que describen el efecto fotoeléctrico. En la segunda parte, los estudiantes aplican los conocimientos expuestos en la primera parte y un caso práctico de una experiencia basada en una placa metálica sometida a luz monocromática de sodio y otra con una longitud de onda en el rango ultravioleta (lámpara de mercurio). En el planteo de esta situación problemática, los estudiantes proponen describir el fenómeno en términos energéticos y determinar el valor de la constante de Planck. A través del planteamiento adecuado de las ecuaciones y conceptos llegan a solución correcta. En la segunda parte del caso práctico, los estudiantes proponen calcular el valor de la función trabajo del potasio y el valor de la longitud de onda que debe tener la luz para que se produzca el efecto fotoeléctrico.

Nuevamente, los estudiantes plantean las ecuaciones que relacionan los conceptos. En este caso encontraron la función trabajo del material potasio, a partir de la energía del fotón, y con la relación entre la energía y constante de Planck, determinaron la frecuencia umbral, que permitió calcular la longitud de onda a la cual se produce el efecto fotoeléctrico. Una tercera parte del video consistió en exponer una situación experimental para evidenciar el efecto fotoeléctrico: Dos circuitos acoplados lumínicamente. El primer circuito consiste en la aplicación de una diferencia de potencial en serie con una resistencia, y acoplada a un diodo led. Éste emite luces a determinadas frecuencias. El segundo circuito encierra un voltímetro y posee un led receptor. Cuando la luz del diodo incide en la parte del material, que hace de ánodo del led receptor, los electrones se desplazan hacia el cátodo, produciendo una corriente fotoeléctrica a una diferencia de potencial medida en el voltímetro del segundo circuito.

- *Video D: Ondas estacionarias.* La componente conceptual comienza con la definición de las microondas y los conceptos descriptos anteriormente. Luego describen el funcionamiento del microondas como electrodoméstico. Para ello incluyen un video explicativo con las partes del artefacto y su función. Como pasa la corriente eléctrica a través del magnetrón y éste emite las microondas. La función reflejante de la cámara metálica de cocción y la bandeja giratoria sirven para poner en movimiento todas las moléculas polares de la comida. La variación del campo magnético genera el cambio de polaridad, produciéndose el calentamiento. La segunda etapa consistió en la explicación de un experimento con microondas. Los materiales usados fueron el electrodoméstico, una barra de chocolate y una regla milimetrada para medir longitud. Para llevar a cabo el experimento se extrae el plato giratorio y su mecanismo y colocan un plato estático con la barra de chocolate durante 2 minutos. Ellos detallan que el sistema giratorio impide ver cuáles son los puntos o zonas de mayor calentamiento. La frecuencia de las microondas generadas viene dada por el fabricante y es del orden de 2450 MHz. Los alumnos determinaron las zonas derretidas o más calientes como antinodos (zonas de transferencia de energía), y las zonas más frías como antinodos (zonas de no transferencia de energía). Posteriormente midieron las distancias entre nodos y antinodos y estimaron la longitud de onda de las mismas, sabiendo que esta es igual a dos veces la distancia entre nodos y antinodos. En la tercera parte del video, validan los datos obtenidos experimentalmente con los teóricos. Para ello, calcularon la velocidad de la luz, haciendo uso de la frecuencia del fabricante y la longitud de onda hallada. Comparan con el valor teórico de la velocidad de la luz y calculan su error.

Los videos se han presentado y defendido en el grupo grande frente a compañeros y docentes del equipo mostrando comprensión frente a la ambigüedad, perseverancia y confianza en sí mismos, con esfuerzo, dedicación y venciendo el temor a la exposición y a cometer errores.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que los estudiantes han trabajado de manera cooperativa en la comunicación de saberes de física moderna. Esto queda evidenciado a través de la organización, planificación y exposición de tareas asociadas con la producción en el “concurso de videos”. Tales tareas involucran la construcción del diálogo empleado, sincronización del tiempo, búsqueda de información, pruebas en grabación, actividades experimentales, entre otros. Los aspectos considerados se pusieron de manifiesto en la descripción expuesta precedentemente. Éstos fueron coherentes con relación a la proposición y resolución de cuestiones problemáticas o experimentales planteadas. Bajo este contexto, se describen en la tabla II las competencias básicas requeridas para lograr la interpretación de fenómenos complejos y desde múltiples miradas por parte de los estudiantes.

**TABLA II.** Clasificación y puntaje de los cuatro videos producidos de acuerdo a sus componentes: Componente teórico (CT), creativo (CC), experimental (CE), de comunicación (CDC) y de organización-planificación-ejecución (COPE).

Video	Título (y tiempo en min)	CT	CC	CE	CDC	COPE	Puntaje total	Porcentaje
A	Hipótesis de De Broglie (12:00)	2	3	1	2	2	3,8	60 %
B	-Radioactividad: Isótopos. Cámara de niebla (11:30)	3	2	2	3	3	5,1	80 %
C	Efecto fotoeléctrico (22:16)	4	2	3	3	3	6.1	95 %
D	Ondas estacionarias (17:29)	3	3	3	3	3	5.7	89 %

**TABLA III.** Recursos usados para dar aspectos creativos en los videos producidos.

Recursos	A	B	C	D
Música	Si	No	No	No
Texto	Sí	Sí	Sí	No
Animación	Sí	Sí	No	Sí
Efectos de edición	No	Sí	Sí	Sí
Comentarios y explicación motivacional	No	Sí	Sí	Sí

Los resultados mostrados en las tablas II y III revelan el uso de variadas herramientas culturales (palabras, gestos, expresiones) utilizando tecnologías móviles y ubicuas en situaciones reales de interacción. Las propuestas estimularon a los jóvenes a negociar constantemente nuevos significados, perfeccionando su desempeño comunicativo (véase el enlace mostrado en sección A). La realización de estos videos en grupo pequeño ha favorecido la interacción sociocultural y el desarrollo de las capacidades lingüística, verbal, simbólica como también el incremento del acervo cognitivo y de percepciones sensoriales. De este modo, se puede afirmar desde la triangulación de datos y de investigadores realizada que los estudiantes han buscado y seleccionado información, han planificado tareas y trabajado colaborativamente entre ellos, además, han propuesto situaciones problema o experimentales, conjeturas de solución, evaluaron hipótesis y soluciones presentadas, además del análisis de resultados. Las limitaciones de espacio impiden ser más explícitos.

La componente creatividad en su acepción científica ha habilitado originalidad y pertinencia unidas a la utilidad. Se ha puesto de manifiesto el nivel de compromiso que los estudiantes tuvieron con la tarea. En tabla III, puede verse que no hay grandes diferencias entre grupos. Sin embargo, la creatividad científica se ha explicitado también en la CE en conjunción con CT de la tabla II. Por ejemplo, en uno de los videos –el C– queda acreditado dicho compromiso al experimentar a través de una re-versión del efecto fotoeléctrico con dos circuitos acoplados que utilizan diodos led para lograr resonancia lumínica. Se superó el volumen de conocimientos logrados en lo cursado hasta aquí. Defendieron sus producciones recurriendo no sólo a argumentos desde el corpus de conocimiento, sino apelando a rasgos propios de un contexto más ingenieril. Incorporaron conocimientos nuevos y pudieron valorar la presencia de vibraciones resonantes como no perniciosas.

La calidad creativa ha sido bastante más variada entre estudiantes y grupos, aunque, puestos los datos en contexto, se ven avances en todos los casos, con independencia del rendimiento general en la asignatura. Las componentes del video observadas fueron contrastadas con la solución presentada en la etapa de evaluación, muy cercanas en el tiempo, advirtiendo que además correlacionan exquisitamente.

## VI. A MODO DE CONCLUSIÓN

Los estudiantes tendieron puentes entre modos de comunicación que facilitaron la construcción de conocimiento más integrado y articulado. Fueron capaces de llevar su realidad al aula virtual. Así pasaron de la teoría a la práctica, a una práctica de casos propios. El equipo docente también contó con características clave.

La intervención favoreció la construcción de conocimiento, aportando al desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo a partir de mejoras en la comunicación y creatividad. Para que eso ocurriera, hubo que transformar la clase en un espacio de pensamiento y debate. Una de las acciones contributivas fue cambiar la distribución de poder, buscando promover oportunidades de habla y generar espacios de trabajo colaborativo entre pares. La creatividad científica se ha puesto de manifiesto porque se logró entrelazar modos de comunicación que expanden el uso de distintos y trascendentes registros semióticos.

En este trabajo se otorgó prioridad al aprendizaje de los estudiantes, teniendo presente el desarrollo de las competencias generales enunciadas para el ciclo básico de carreras de ingeniería. Se advirtió la posibilidad de poner en acción un conjunto de estrategias reversionadas, en un marco muy diferente de condiciones de contorno. Se pudo colaborar con el aprendizaje significativo crítico de los estudiantes en situación de emergencia sanitaria; es decir, en situación de aprendizaje y enseñanza forzados que pueden ser extendidos y complementados en tiempos de postpandemia.

El planteo didáctico permitió la presentación de la modelización de forma epistémica y no sólo como algo pragmático a resolver. Se trascendió el simple pragmatismo, el eje se constituyó con la calidad de las explicaciones y justificaciones brindadas.

Las producciones presentadas mostraron la aplicación de estrategias colaborativas para evaluar aciertos y desaciertos al momento de implementar una solución, y que esta responda a la realidad institucional. Lo anterior concuerda con la afirmación de Escudero (2009) sobre las estrategias de problematización y acuerdos del grupo de trabajo, lo que aporta al desarrollo cognitivo para la resolución de problemas apoyados por las TIC.

La formación y el desarrollo de la creatividad implica, por lo tanto, romper con la estructura clásica de enseñanza-aprendizaje y arriesgarse, tanto por parte del equipo docente como del propio estudiantado.

## AGRADECIMIENTOS

Daniela Zalazar-García posee una beca postdoctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Se agradece a Universidad Nacional de San Juan por el apoyo para la realización de este trabajo mediante el subsidio correspondiente al proyecto de Investigación Educación STEM integrada en preuniversitario: la física en primera persona. Departamento de Física, FI (UNSJ). 2020-2021. Res. 589/R-2020 –CS. Proyecto financiado. Código: 21/I1479.

## REFERENCIAS

- Álvarez Revilla, A., Martínez Márquez, A. y Méndez, R. (1993). *Tecnología en acción*. RAP. Barcelona, España: RAP.
- Austin, J. L. (1962). *Cómo hacer cosas con las palabras*. Barcelona, España: Paidós.
- Ausubel, D. P. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Barcelona, España: Paidós.
- Blanco, A. (2009) *Desarrollo y Evaluación de Competencias en Educación Superior*. Madrid, España: Narcea.
- Costa, S. S. C. (1994). O uso do conhecimento em solução de problemas. Monografía elaborada em la disciplina Tópicos em Psicologia Cognitiva e Implicações para o Ensino da Física. Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre (Brasil).
- Deleuze, G. (1992). Posdata de las sociedades de control. En Ferrer, C. (Ed.), *El lenguaje libertario. Antología del pensamiento anarquista contemporáneo*. Buenos Aires, Argentina: Altamira.
- Douady, R. (2011). Géométrie, graphiques, fonctions au collège. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 6(1), 1-7.
- Edwards, D. y Mercer, N. (1988). *El conocimiento compartido. El desarrollo de la comprensión en el aula*. Bs As: Paidós.
- Escudero, C. (2009). Una mirada alternativa acerca del residuo cognitivo cuando se introducen nuevas tecnologías. El caso de la resolución de problemas en ciencias. *Revista Electrónica Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 10(1), 272- 292.
- Escudero, C. y Zalazar-García, D. (2021). Introducción Al Estudio de Nociones Básicas de Física Moderna Mediante El Uso de Una Propuesta Integradora Basada En Software Libre. *Lat. Am. J. Phyc. Educ.* (Aceptado).
- García Canclini, N. (2020). *Ciudadanos reemplazados por algoritmos*. Wetzlar, Alemania: Calas.
- Gómez, G. (2006). Os Meios de Comunicação de Massa Na Era Da Internet. *Comunicação & Educação* 11(3), 373.
- Jewitt, C. (2013). Multimodal methods for researching digital technologies. En Price, S., Jewitt, C. y Brown, B. *The SAGE handbook of digital technology research* (250- 265). Londres, Reino Unido: SAGE.
- Jiménez Aleixandre, M., y Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las ciencias*, 21(3), 359-370.

Jorba, J. (2000). La comunicación y las habilidades cognitivas lingüísticas. En Jorba, J., Gómez, I. y Prat, Á. *Hablar y escribir para aprender: uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares*. Madrid: Síntesis.

Lion, C. (2017). Tecnologías y Aprendizajes: Claves Para Repensar La Escuela. En Montes, N. (Ed), *Educación y TIC. De las políticas a las aulas*. Buenos Aires, Argentina: Eudeba.

Moreira, M. A. (2005). *Aprendizagem significativo crítico*. Porto Alegre, Brasil: Impressos Portão.

Pereira, M. V., De Souza Barros, S., Augusto, L., De Rezende Filho, C. y Hermeto, L. (2012). Audiovisual Physics Reports: Students Video Production as a Strategy for the Didactic Laboratory. *Physics Education*, 47(1):44–51.

Roehl, A., Reddy, S. L. y Shannon, G. J. (2013). The Flipped Classroom: An Opportunity to Engage Millennial Students through Active Learning. *Journal of Family and Consumer Sciences*, 105(44).

Romo, F. y Mora, C. (2020). El Estrés en Maestros de Física ante la necesidad de impartir clases virtuales: La Nueva Realidad Académica Derivada de La Pandemia de La COVID-19. *Latin-American Journal of Physics Education*, 14(2).

Soto Ortiz, J. L., Torres Gastelú, C. A. y Abrigo Córdova, I. E. (2019). Apreciaciones sobre la producción de vídeos a través del trabajo colaborativo en estudiantes universitarios. *INNOVA Research Journal*.