

# Posibilidades didácticas de la herramienta de realidad aumentada ZapWorks en la enseñanza de las ciencias. Una experiencia con estudiantes de un Máster en Profesorado

**Noelia Margarita Moreno Martínez** (autora de contacto)

*Profesora ayudante doctora de la Universidad de Málaga (España)*

[nmarg@uma.es](mailto:nmarg@uma.es) | <https://orcid.org/0000-0002-9924-7227>

**Antonio Joaquín Franco-Mariscal**

*Profesor titular de la Universidad de Málaga (España)*

[anja@uma.es](mailto:anja@uma.es) | <https://orcid.org/0000-0002-8704-6065>

## Extracto

Este trabajo presenta las posibilidades didácticas de la herramienta de realidad aumentada ZapWorks en la enseñanza de las ciencias a través de una experiencia desarrollada con 57 estudiantes (hombres y mujeres) del Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas de la Universidad de Málaga (especialidades de Física y Química y de Biología y Geología). La experiencia se desarrolló en dos sesiones de dos horas de duración cada una. En la primera sesión, los estudiantes recibieron una instrucción sobre realidad aumentada y sus posibilidades educativas, y desde el punto de vista procedimental, tuvieron la oportunidad de utilizar la herramienta ZapWorks y la aplicación Zappar para el abordaje de contenidos científicos a través de escenarios amplificadas. Tras esta sesión, los estudiantes, trabajando por parejas, dispusieron de una semana para diseñar una actividad con dicha herramienta y elaborar una memoria explicativa. La segunda sesión consistió en la explicación oral en el aula de la propuesta realizada. Como instrumentos para la recogida de datos se utilizaron la memoria escrita y un cuestionario administrado al finalizar la experiencia para conocer las percepciones de los estudiantes en torno al uso y a las posibilidades didácticas de la tecnología de realidad aumentada, en general, y de la herramienta ZapWorks, en particular. Los resultados ponen de manifiesto que la mayoría de los estudiantes tienen una actitud positiva y reflexiva ante las potencialidades educativas de la realidad aumentada y de la herramienta ZapWorks, en concreto, como estrategia metodológica para facilitar los procesos de enseñanza-aprendizaje de contenidos científicos.

**Palabras clave:** realidad aumentada; tecnologías emergentes; ZapWorks; enseñanza de ciencias; propuestas didácticas; profesorado en formación inicial; innovación educativa.

Recibido: 01-04-2022 | Aceptado: 14-07-2022 | Publicado: 07-01-2023

**Cómo citar:** Moreno Martínez, N. M. y Franco-Mariscal, A. J. (2023). Posibilidades didácticas de la herramienta de realidad aumentada ZapWorks en la enseñanza de las ciencias. Una experiencia con estudiantes de un Máster en Profesorado. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 24, 91-118. <https://doi.org/10.51302/tce.2023.2808>

# Educational possibilities of the augmented reality tool ZapWorks in science education. An experience with Master's Degree in Teaching students

**Noelia Margarita Moreno Martínez** (corresponding author)

*Profesora ayudante doctora de la Universidad de Málaga (España)*  
nmarg@uma.es | <https://orcid.org/0000-0002-9924-7227>

**Antonio Joaquín Franco-Mariscal**

*Profesor titular de la Universidad de Málaga (España)*  
anjoa@uma.es | <https://orcid.org/0000-0002-8704-6065>

## Abstract

This paper presents the educational possibilities of the ZapWorks as augmented reality tool in science education through an experience implemented with 57 Master's Degree in Secondary Education Teaching, High School, Vocational Training and Language Teaching students (men and women) at the Universidad de Málaga (specialities in Physics and Chemistry, and Biology and Geology). The experience was carried out in two sessions of two hours. In the first session, the students were taught about augmented reality and its educational possibilities, and from a procedural point of view, they had the opportunity to use the ZapWorks tool and the Zappar application to create amplified scenarios to address scientific contents. After this session, the students, working in pairs, had a week to design an activity with the tool and prepare an explanatory report. The second session consisted of an oral explanation of the proposal in the classroom. The instruments used for data collection were the written report and a survey administered at the end of the experience to find out the students' perceptions about the use and educational possibilities of augmented reality technology in general, and of the ZapWorks tool in particular. The results show that most of the students have a positive and reflective attitude towards the educational potential of augmented reality and of the ZapWorks tool as a methodological strategy to facilitate the teaching-learning processes of scientific contents.

**Keywords:** augmented reality; emerging technologies; ZapWorks; science education; educational proposals; initial teacher training; educational innovation.

Received: 01-04-2022 | Accepted: 14-07-2022 | Published: 07-01-2023

**Citation:** Moreno Martínez, N. M. and Franco-Mariscal, A. J. (2023). Educational possibilities of the augmented reality tool ZapWorks in science education. An experience with Master's Degree in Teaching students. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 24, 91-118. <https://doi.org/10.51302/tce.2023.2808>



## Sumario

1. Marco teórico
    - 1.1. Concepto de «realidad aumentada»
    - 1.2. La realidad aumentada en la enseñanza de las ciencias
    - 1.3. Plataforma web ZapWorks y aplicación móvil Zappar
  2. Objetivo de la investigación
  3. Contexto y participantes
  4. Metodología
    - 4.1. Descripción de la experiencia
    - 4.2. Instrumentos de recogida de datos y análisis
  5. Resultados y discusión
    - 5.1. Propuestas diseñadas por los estudiantes con la herramienta ZapWorks
    - 5.2. Cuestionario sobre percepciones de realidad aumentada y ZapWorks en la enseñanza de las ciencias
  6. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

**Nota:** este trabajo forma parte del Proyecto I+D+i del Plan Nacional PID2019-105765GA-I00, titulado «Ciudadanos con Pensamiento Crítico: un Desafío para el Profesorado en la Enseñanza de las Ciencias», financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España en 2019. Por otra parte, los autores del artículo declaran que todos los procedimientos llevados a cabo para la elaboración de este estudio de investigación se han realizado de conformidad con las leyes y directrices institucionales pertinentes. Asimismo, los autores del artículo han obtenido el consentimiento informado (libre y voluntario) por parte de todas las personas intervinientes en este estudio de investigación. Los participantes de este estudio de investigación fueron estudiantes de una asignatura impartida por Antonio Joaquín Franco-Mariscal.

## 1. Marco teórico

### 1.1. Concepto de «realidad aumentada»

La realidad aumentada es una tecnología que nos permite la visualización directa o indirecta de elementos del mundo real combinados (o aumentados) con elementos virtuales generados por un ordenador, cuya fusión da lugar a una realidad mixta (Cobo y Moravec, 2011). Azuma (1997) la concibe como aquella tecnología que combina elementos reales y virtuales creando escenarios interactivos en tiempo real y registrados en 3D. De Pedro y Méndez (2012) entienden la realidad aumentada como aquella tecnología capaz de complementar la percepción e interacción con el mundo real, brindando al usuario un escenario real aumentado con información adicional generada por ordenador. De este modo, la realidad física se combina con elementos virtuales, disponiéndose de una realidad mixta en tiempo real. Diversos autores (Basogain *et al.*, 2007; Fombona *et al.*, 2012; Kato, 2010; Kato y Billinghurst, 1999) indican que la realidad aumentada se puede definir como objetos virtuales o anotaciones que pueden ser superpuestos en el mundo real como si realmente existieran, es decir, complementan el mundo real con información virtual. En definitiva, constituye aquel entorno en el que tiene lugar la integración de lo virtual y lo real (Cabero y Barroso, 2016a, 2016b; Cabero y García, 2016; Cabero *et al.*, 2016; Moreno y Leiva, 2017; Moreno y Franco-Mariscal, 2020). Esta tecnología, trasladada al ámbito educativo, hace posible la puesta en marcha de una metodología innovadora con gran potencial didáctico, formativo e inclusivo con un carácter versátil, abierto, interactivo y dinámico que favorece los procesos de enseñanza-aprendizaje de los contenidos didácticos de diversas materias; en nuestra experiencia, de enseñanza de las ciencias (Bacca *et al.*, 2014; Barba *et al.*, 2015; Cabero *et al.* 2017; Fonseca *et al.*, 2016; Han *et al.*, 2015; Moreno *et al.*, 2016; Prendes, 2015; Reinoso, 2012; Santos *et al.*, 2014).

### 1.2. La realidad aumentada en la enseñanza de las ciencias

Atendiendo a las demandas actuales y futuras de la sociedad del conocimiento y a los nuevos modelos de aprendizaje del alumnado de la nueva era digital, es necesario realizar un replanteamiento didáctico, curricular y organizativo con un carácter innovador en áreas científicas como la Química, la Física,

---

**Es necesario que llevemos a cabo un replanteamiento didáctico, curricular y organizativo con un carácter innovador en áreas científicas como la Química, la Física, la Biología y la Geología**

---

la Biología y la Geología. Estas herramientas, aplicadas en escenarios de enseñanzas de carácter experimental como las citadas, suponen un enorme potencial para favorecer los procesos de enseñanza y aprendizaje, ya que nos permiten complementar, amplificar, reforzar y enriquecer la información que nos aporta el espacio físico real del aula, haciendo los conocimientos científicos más comprensibles y accesibles y permitiendo a los estudiantes interactuar con ellos (Abdinejad *et al.*, 2021; Chai *et al.*, 2022; Cortés Rodríguez *et al.*, 2021; Eriksen *et al.*, 2020; Jiménez, 2019; Krüger *et al.*, 2021; Liu *et al.*, 2022; Macariu *et al.*, 2020; Probst *et al.*, 2021; Schmid *et al.*, 2020; Wong *et al.*, 2021).

De este modo, aprovechando el alto grado de experimentación que plantean estas disciplinas, consideramos que la inclusión de tecnologías emergentes como la realidad aumentada puede propiciar escenarios de enseñanza-aprendizaje efectivos que estén orientados, por un lado, hacia el desarrollo de actitudes favorables ante el contenido de ciencias por parte del alumnado desde un enfoque más interactivo y lúdico (Chen y Liu, 2020; Jiménez, 2019; Martínez-Hung *et al.*, 2017; Merino *et al.*, 2015; Ruiz Cerrillo, 2020; Urzúa Reyes, 2021), y, por otro lado, hacia la puesta en marcha de paradigmas educativos basados en un enfoque conectivista de aprendizaje en red (Downes, 2005; Siemens, 2004).

Del mismo modo, es posible afirmar que el uso de la realidad aumentada en el aula de ciencias favorece el aprendizaje desde diferentes enfoques, como, por ejemplo, el aprendizaje por descubrimiento (Bruner, 2001), el aprendizaje basado en la resolución de problemas (Araújo y Sastre Vilarrasa, 2008; González-López *et al.*, 2010; De Graaff y Kolmos, 2003), el aprendizaje por proyectos (Arias Sandoval, 2017; Thomas, 2000) o el aprendizaje basado en la gamificación (Kapp, 2012; Lee y Hammer, 2011; Li *et al.*, 2013; Ortiz-Colón *et al.*, 2018; Sailer *et al.* *En este sentido, la*, 2013).

En este sentido, se puede decir que la realidad aumentada se convierte en una poderosa herramienta para influir y motivar a los estudiantes involucrados en aquellas tareas de ciencias propuestas que propicien procesos de experimentación, descubrimiento, creación de contenidos, desde un enfoque colaborativo basado en la filosofía del *makerspace* (Moreno Martínez y Morales Cevallos, 2021; Vuorikari *et al.*, 2019), y la construcción del conocimiento científico desde una perspectiva de desarrollo de habilidades del pensamiento crítico (Albertos Gómez y De la Herrán Gascón, 2018; Altuve, 2010; Blanco López *et al.*, 2017; Hierrezuelo Osorio *et al.*, 2022; Pérez *et al.*, 2016; Tamayo *et al.*, 2015).

---

El uso de la realidad aumentada en el aula de ciencias favorece el aprendizaje desde diferentes enfoques, como, por ejemplo, el aprendizaje por descubrimiento, el aprendizaje basado en la resolución de problemas, el aprendizaje por proyectos o el aprendizaje basado en la gamificación

---

---

En este sentido, se puede decir que la realidad aumentada se convierte en una poderosa herramienta para influir y motivar a los estudiantes

---

### 1.3. Plataforma web ZapWorks y aplicación móvil Zappar

En los últimos años ha proliferado el número de herramientas de realidad aumentada que son útiles como estrategias didácticas, siendo una herramienta reciente ZapWorks<sup>1</sup>. La plataforma web ZapWorks permite la creación de escenarios amplificadas a partir de imágenes que actúan como marcadores para generar capas de información virtual multimedia constituidas por imágenes, textos, vídeos, botones de enlace entre escenas de realidad aumentada creadas en la plataforma, botones de acceso directo a web externas, etc. Toda esta información se puede visualizar tras el escaneo del marcador con la aplicación móvil Zappar. De este modo, la plataforma web ZapWorks permite, por ejemplo, amplificar la información de imágenes relativas a libros de texto de Física, Química, Biología y Geología o cualquier imagen relacionada con las ciencias procedente de repositorios libres de derechos de autor, como Pixabay<sup>2</sup> o Pexels<sup>3</sup>.

## 2. Objetivo de la investigación

Este trabajo presenta los resultados de una experiencia desarrollada con profesores y profesoras en formación inicial del Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas de la Universidad de Málaga sobre el uso educativo de la herramienta de realidad aumentada ZapWorks en la enseñanza de las ciencias. La experiencia pretende facilitar los procesos de enseñanza-aprendizaje de contenidos científicos de distintas disciplinas, como Física, Química, Biología y Geología, y evaluar las percepciones de los estudiantes en torno al uso de la realidad aumentada, en general, y de la herramienta ZapWorks, en particular, con un carácter reflexivo.

## 3. Contexto y participantes

La muestra de este estudio estuvo formada por 57 estudiantes de la asignatura Innovación Docente e Iniciación a la Investigación Educativa del Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas, especialidades de Física y Química (38,60 %;  $N = 22$ ) y Biología y Geología (61,40 %;  $N = 35$ ), de la Universidad de Málaga (curso 2021-2022). El 64,90 % ( $N = 37$ ) de los participantes fueron mujeres y el 35,10 % ( $N = 20$ ), hombres, todos ellos con edades comprendidas entre los 21 y los 47 años, donde las mayores frecuencias se encontraron en los 22 años (19,30 %;  $N = 11$ ), los 24 años (19,30 %;  $N = 11$ ) y los 23 años (15,80 %;  $N = 9$ ).

---

<sup>1</sup> <https://zap.works>

<sup>2</sup> <https://pixabay.com>

<sup>3</sup> <https://www.pexels.com>

## 4. Metodología

### 4.1. Descripción de la experiencia

La experiencia sobre el uso didáctico de ZapWorks en la enseñanza de las ciencias se desarrolló en dos sesiones de 2 horas de duración cada una. En la primera sesión, de carácter teórico-práctica, se presentaron las posibilidades educativas de la tecnología de realidad aumentada y de la herramienta ZapWorks, así como un ejemplo de creación de escenario de realidad aumentada como propuesta didáctica con la plataforma web ZapWorks y la aplicación móvil Zappar, concretamente, sobre los elementos químicos de la tabla periódica. Los estudiantes tuvieron la oportunidad de ir realizando de forma práctica dicha actividad en el aula a la vez que lo hacía la profesora (primera autora de este artículo). Tras la sesión, los estudiantes, por parejas, debían desarrollar una propuesta similar con ZapWorks aplicada al ámbito de la Física, la Química, la Biología o la Geología en el plazo de una semana y entregar su descripción en una memoria donde también debían incluir una reflexión crítica acerca de las posibilidades educativas de la herramienta en la enseñanza de las ciencias. La segunda sesión se dedicó a la exposición oral por parte de los estudiantes, en gran grupo, de las propuestas desarrolladas con ZapWorks y con la aplicación Zappar.

### 4.2. Instrumentos de recogida de datos y análisis

Para la recogida de datos se emplearon como instrumentos la memoria realizada por los estudiantes y un cuestionario *online* que se administró al finalizar la experiencia. Dicho cuestionario, de 15 ítems (véase el cuestionario de la siguiente página), pretendía valorar las percepciones de los participantes sobre las posibilidades didácticas de la realidad aumentada y de la herramienta ZapWorks en la enseñanza de las ciencias.

Además de cuestiones relativas a aspectos demográficos de la muestra, el cuestionario incluía seis preguntas con una escala Likert de cinco puntos (1 = nada, 2 = poco, 3 = algo, 4 = bastante y 5 = mucho); tres preguntas de elección múltiple, donde solo se podía marcar una opción; dos preguntas dicotómicas; una pregunta tipo matriz; dos preguntas de selección múltiple que permitían elegir más de una opción; y dos preguntas abiertas, una relativa a la especificación de herramientas de realidad aumentada conocidas con anterioridad a la realización de la experiencia, y otra cuestión que solicitaba resaltar los aspectos positivos y negativos de la herramienta ZapWorks como estrategia para favorecer los procesos de enseñanza-aprendizaje de los contenidos didácticos de ciencias.

---

Los instrumentos que se emplearon para la recogida de datos fueron la memoria realizada por los estudiantes y un cuestionario de opinión *online* que se administró al finalizar la experiencia

---



### Cuestionario sobre percepciones de realidad aumentada y ZapWorks

1. ¿Conocías la herramienta de realidad aumentada antes de la formación dada en clase?

- Sí la conocía y la había usado previamente.
- Sí la conocía, pero no la había usado previamente.
- No.

2. Si has marcado «Sí» en la pregunta anterior, indica qué herramientas de realidad aumentada conocías.

3. ¿Consideras importante la formación del profesorado en el uso didáctico de herramientas de realidad aumentada en la enseñanza de las ciencias?

- 1. Nada importante.
- 2. Poco importante.
- 3. Algo importante.
- 4. Bastante importante.
- 5. Muy importante.

4. ¿Consideras que se vería reforzado o potenciado el aprendizaje de contenidos didácticos y la adquisición de competencias clave en el área de ciencias con el uso de la realidad aumentada?

- 1. Nada.
- 2. Poco.
- 3. Algo.
- 4. Bastante.
- 5. Mucho.

5. ¿En qué medida la herramienta ZapWorks presenta las siguientes características: versátil, interactiva, adecuada, didáctica/pedagógica, atractiva, fácil de usar (intuitiva), divertida, enriquecedora, colaborativa, económica, dinámica, flexible, innovadora y útil/funcional?

- 1. Nada.
- 2. Poco.
- 3. Algo.
- 4. Bastante.
- 5. Mucho.







6. ¿En qué etapa/s educativa/s sería más adecuado el uso de la herramienta de realidad aumentada ZapWorks ? Puedes marcar más de una opción.
- Educación infantil.
  - Educación primaria.
  - Educación secundaria.
  - Educación superior.
  - Formación profesional.
  - No sabe/No contesta.
7. ¿En qué grado la herramienta ZapWorks ofrece posibilidades educativas para favorecer los procesos de enseñanza-aprendizaje más allá de los recursos tradicionales?
- 1. Muy pocas posibilidades.
  - 2. Pocas posibilidades.
  - 3. Algunas posibilidades.
  - 4. Bastantes posibilidades.
  - 5. Muchas posibilidades.
8. ¿Qué nivel de manejo estimas que has alcanzado tras la experiencia en el uso educativo de la herramienta ZapWorks? Grado de usabilidad/dominio de las herramientas/aplicabilidad.
- Nivel bajo.
  - Nivel medio.
  - Nivel alto.
  - Nivel muy alto.
  - No sabe/No contesta.
9. ¿En qué medida la incorporación de la realidad aumentada en el aula supone una innovación educativa?
- 1. Muy poca innovación.
  - 2. Poca innovación.
  - 3. Alguna innovación.
  - 4. Bastante innovación.
  - 5. Mucha innovación.
10. ¿En qué medida la herramienta ZapWorks favorece la creación de entornos personales de aprendizaje (PLE)?
- 1. Nada.
  - 2. Poco.





- 3. Algo.
- 4. Bastante.
- 5. Mucho.

11. ¿En qué medida la herramienta ZapWorks favorece el trabajo cooperativo y colaborativo en el aula?

- 1. Nada.
- 2. Poco.
- 3. Algo.
- 4. Bastante.
- 5. Mucho.

12. ¿Emplearías herramientas de realidad aumentada cuando ejerzas tu profesión docente?

- Sí.
- No.
- No sabe/No contesta.

13. ¿Consideras que los institutos de secundaria cuentan con el equipamiento y las infraestructuras necesarias para implementar la realidad aumentada?

- Sí.
- No.
- No sabe/No contesta.

14. ¿Qué ha sido lo mejor y lo peor de la actividad de realidad aumentada realizada?

15. ¿Te ha resultado útil este seminario formativo para tu labor futura como docente?

- Nada.
- Poco.
- Bastante.
- Completamente.
- No sabe/No contesta.

El análisis de las distintas cuestiones que componen el cuestionario sobre percepciones de realidad aumentada y ZapWorks se realizó de forma cuantitativa, estudiando las frecuencias de estudiantes que indicaron cada opción y calculando, a partir de ellas, los porcentajes en cada una de las categorías.

## 5. Resultados y discusión

Este apartado presenta, en primer lugar, las propuestas didácticas relativas a temas diversos de las especialidades de Física y Química y de Biología y Geología que han sido diseñadas por los estudiantes con la herramienta ZapWorks. De entre ellas, se ha seleccionado para su análisis un ejemplo de cada especialidad. En segundo lugar, se discuten los resultados obtenidos en el cuestionario de percepciones sobre el uso de la realidad aumentada y ZapWorks en la enseñanza de las ciencias.

### 5.1. Propuestas diseñadas por los estudiantes con la herramienta ZapWorks

Las propuestas desarrolladas ofrecían un amplio abanico de temáticas en las cuatro disciplinas científicas a las que pertenecían los participantes del estudio, lo que pone de manifiesto las posibilidades educativas de ZapWorks en todas estas materias. De esta forma, los estudiantes de la especialidad de Física y Química realizaron 11 propuestas didácticas que versaron sobre las siguientes temáticas:

- Átomos y modelos atómicos (4 propuestas).
- Propiedades de la materia (2).
- Reacciones químicas (2).
- Estructuras moleculares (1).
- Enlace químico (1).
- Material de laboratorio (1).

Por su parte, los estudiantes de Biología y Geología diseñaron 17 propuestas que abordaron las siguientes temáticas:

- Célula (4).
- Anatomía y fisiología (órganos, aparatos y sistemas) (3).
- Partes y funciones del cerebro (3).
- Nutrición, alimentación y salud (2).
- Tipos de rocas (1).
- Tipos de erupciones volcánicas (1).
- Reproducción humana (1).
- Fisiología vegetal (1).
- Sistema solar (1).

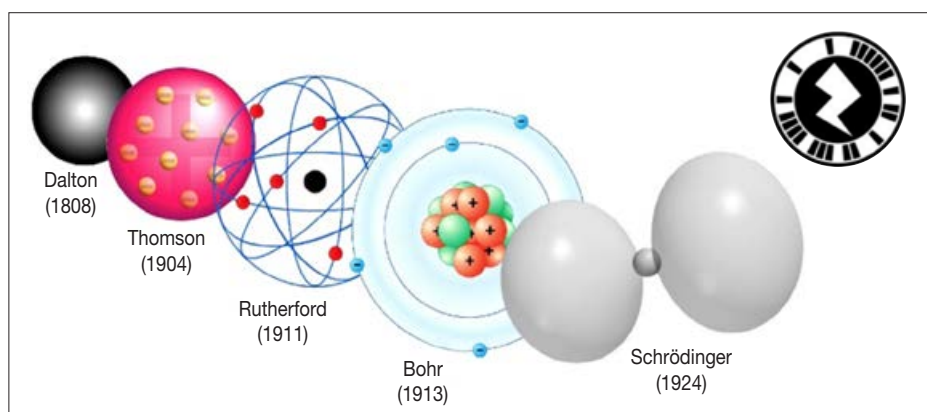
A continuación, se muestran dos ejemplos de propuestas diseñadas por dos parejas de estudiantes empleando la herramienta ZapWorks, uno de Química y otro de Biología.

### Ejemplo 1. Propuesta didáctica con ZapWorks para la enseñanza de los modelos atómicos

El objetivo de esta propuesta es la enseñanza-aprendizaje de los diferentes modelos atómicos en educación secundaria. La propuesta utiliza la figura 1 como imagen de fondo que actúa como marcador, la cual recoge los distintos modelos atómicos surgidos a lo largo de la historia de la Química (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr y Schrödinger).

Los estudiantes emplean esta imagen para ampliarla con capas de información multimedia compuestas por imágenes, vídeos, texto, botones de enlace entre escenas y botones de acceso a actividades interactivas creadas con la herramienta de autor Educaplay<sup>1</sup>. Dicha imagen de fondo se presenta acompañada de un código circular que es necesario para, posteriormente, escanear la imagen y el código con Zappar y poder visualizar las capas de información digital superpuestas sobre dicha imagen en cada una de las escenas diseñadas.

Figura 1. Imagen de fondo que actúa como marcador



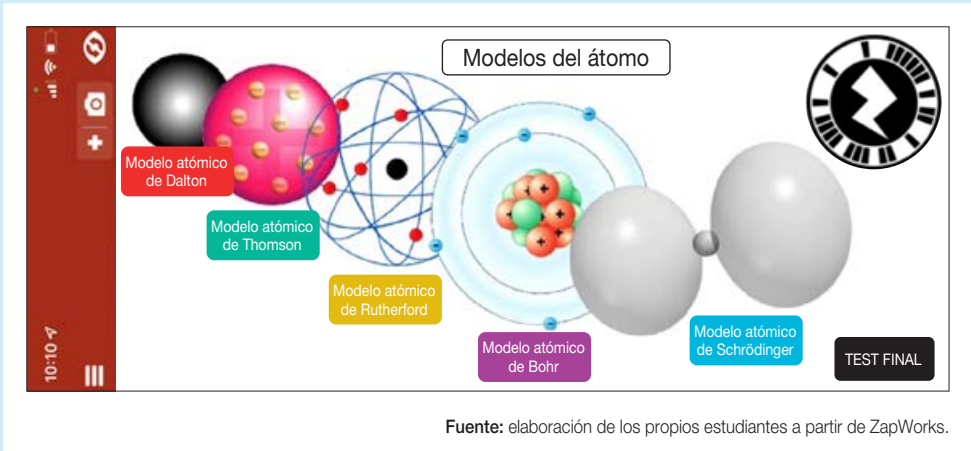
Fuente: <https://modeloatomico.win/wp-content/uploads/2020/05/fecha-de-publicacion-de-los-modelos-atomicos.jpg>

Esta propuesta se diseñó incluyendo siete escenarios de realidad aumentada diferentes. La figura 2 recoge la escena principal de realidad aumentada creada con ZapWorks.

Tras escanear con Zappar la imagen de fondo, se puede visualizar una capa de información digital compuesta por el título del tema (modelos del átomo), botones de enlace con diferentes escenas de contenidos relativos a cada modelo atómico y un botón de enlace a un test final para realizar una evaluación del aprendizaje de los contenidos, empleando dos actividades interactivas diseñadas con la herramienta de autor Educaplay.



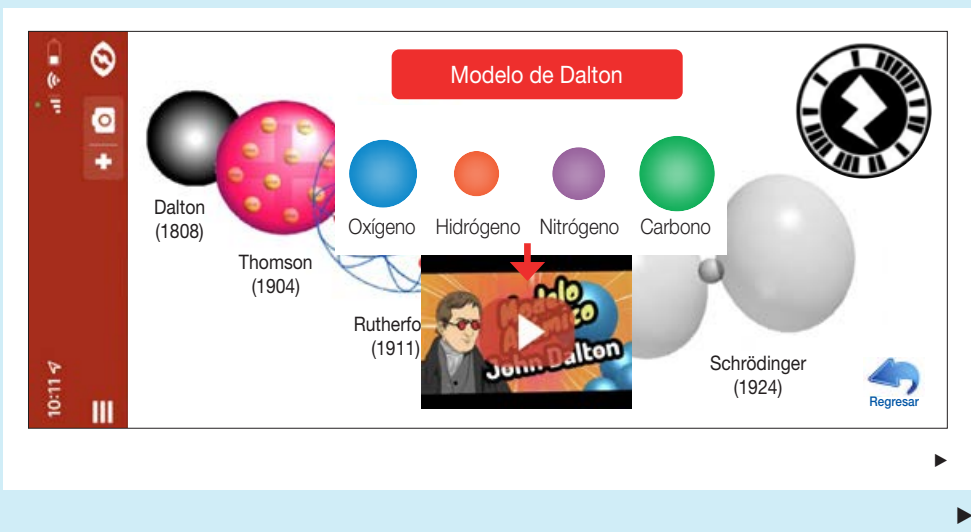
Figura 2. Escena principal de realidad aumentada visualizada con la aplicación Zappar tras escanear la imagen de fondo acompañada con el código circular



Fuente: elaboración de los propios estudiantes a partir de ZapWorks.

La figura 3 muestra los escenarios de realidad aumentada a los que se accede una vez que han sido escaneados con Zappar y que son relativos a los modelos de Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr y Schrödinger. Para cada modelo atómico, los estudiantes diseñaron diferentes escenarios con una estructura similar en los que se podía observar una capa de información digital compuesta por un botón interactivo con la denominación del modelo, una imagen que representaba el modelo, un vídeo explicativo del mismo y un botón de enlace a la escena anterior.

Figura 3. Escenarios de realidad aumentada incluidos en la propuesta para cada modelo atómico





**Modelo de Thomson**

Dalton (1808)

Thomson (1904)

Rutherford (1911)

Schrödinger (1924)

Regresar

10:11

**Modelo de Rutherford**

Dalton (1808)

Thomson (1904)

Rutherford (1911)

Schrödinger (1924)

Regresar

10:11

**Modelo de Bohr**

Dalton (1808)

Thomson (1904)

Rutherford (1911)

Schrödinger (1924)

Regresar

10:12

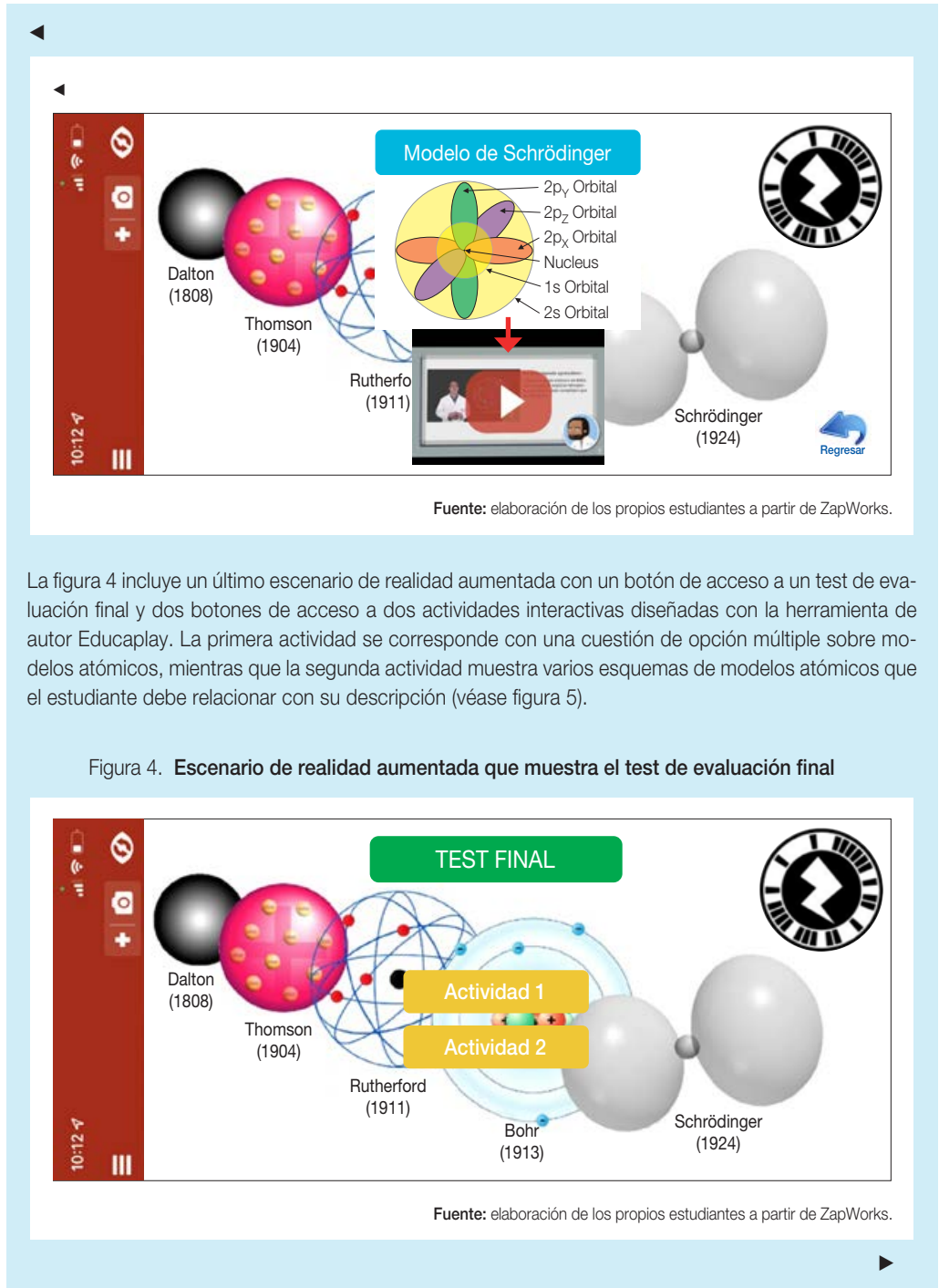
Energía de órbitas en aumento

$n = 3$

$n = 2$

$n = 1$

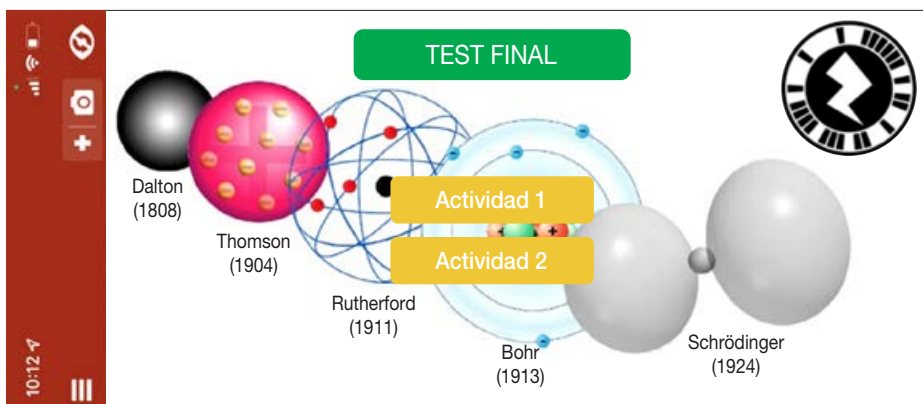
Un fotón es emitido con energía  $E = hf$



Fuente: elaboración de los propios estudiantes a partir de ZapWorks.

La figura 4 incluye un último escenario de realidad aumentada con un botón de acceso a un test de evaluación final y dos botones de acceso a dos actividades interactivas diseñadas con la herramienta de autor Educaplay. La primera actividad se corresponde con una cuestión de opción múltiple sobre modelos atómicos, mientras que la segunda actividad muestra varios esquemas de modelos atómicos que el estudiante debe relacionar con su descripción (véase figura 5).

Figura 4. Escenario de realidad aumentada que muestra el test de evaluación final



Fuente: elaboración de los propios estudiantes a partir de ZapWorks.

Figura 5. Actividades interactivas diseñadas con Educaplay para el conocimiento de la evolución de los modelos atómicos desde un enfoque gamificado

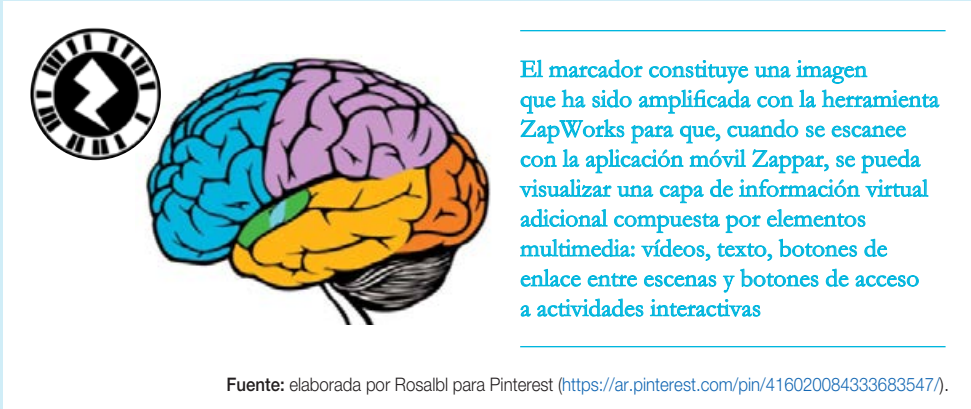
Fuente: elaboración de los propios estudiantes a partir de Educaplay.

## Ejemplo 2. Propuesta didáctica con ZapWorks para la enseñanza de los lóbulos cerebrales

Esta propuesta tiene por objetivo la enseñanza de las partes y de las funciones del cerebro en educación secundaria. Utiliza la imagen de fondo mostrada en la figura 6 que se ha amplificado con capas de información multimedia compuestas por imágenes, vídeos, texto, botones de enlace entre escenas y botones de acceso a actividades interactivas. Como en el ejemplo anterior, la imagen de fondo se presenta acompañada de un código circular que es necesario para posteriormente escanear la imagen y el código con la aplicación Zappar, lo que permitirá visualizar las capas de información digital superpuestas sobre dicha imagen de fondo en cada una de las escenas.

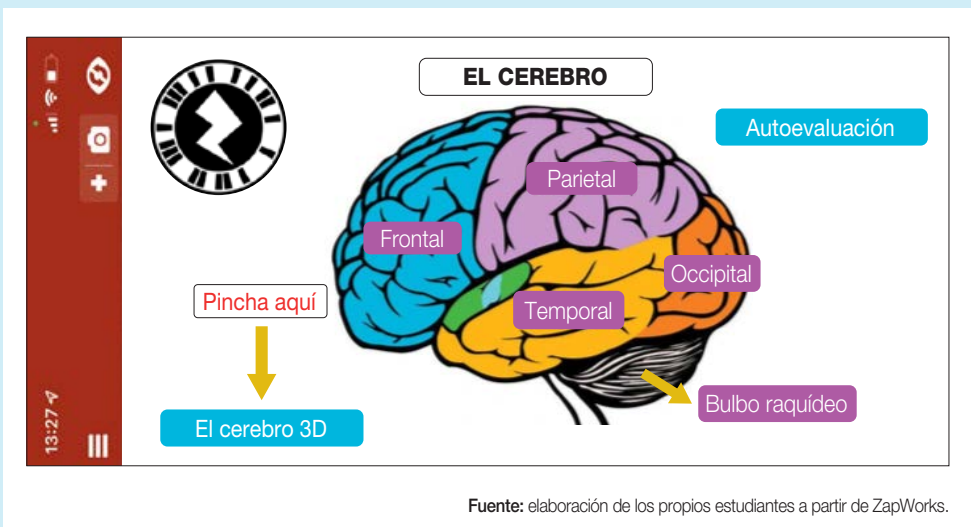


Figura 6. Imagen de fondo que actúa como marcador



La primera escena de realidad aumentada (véase figura 7) permite visualizar una capa de información digital compuesta por el título del tema (el cerebro), botones de enlace con las diferentes escenas de contenidos relativas a cada lóbulo cerebral, un botón de enlace para la visualización del cerebro en 3D dentro de la galería de objetos tridimensionales Sketchfab<sup>2</sup> y un botón de enlace para la autoevaluación desde un enfoque gamificado mediante una actividad interactiva diseñada con la herramienta de autor Wordwall<sup>3</sup>.

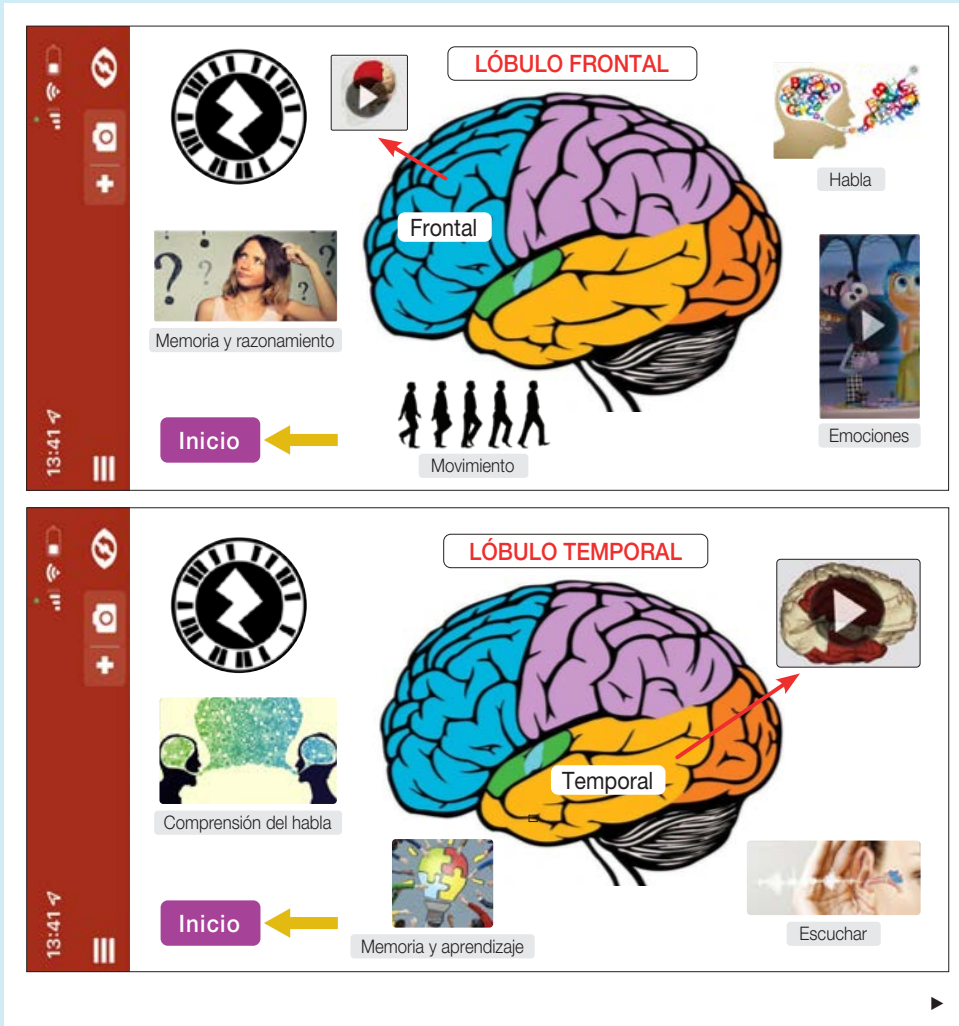
Figura 7. Primera escena de realidad aumentada de la propuesta

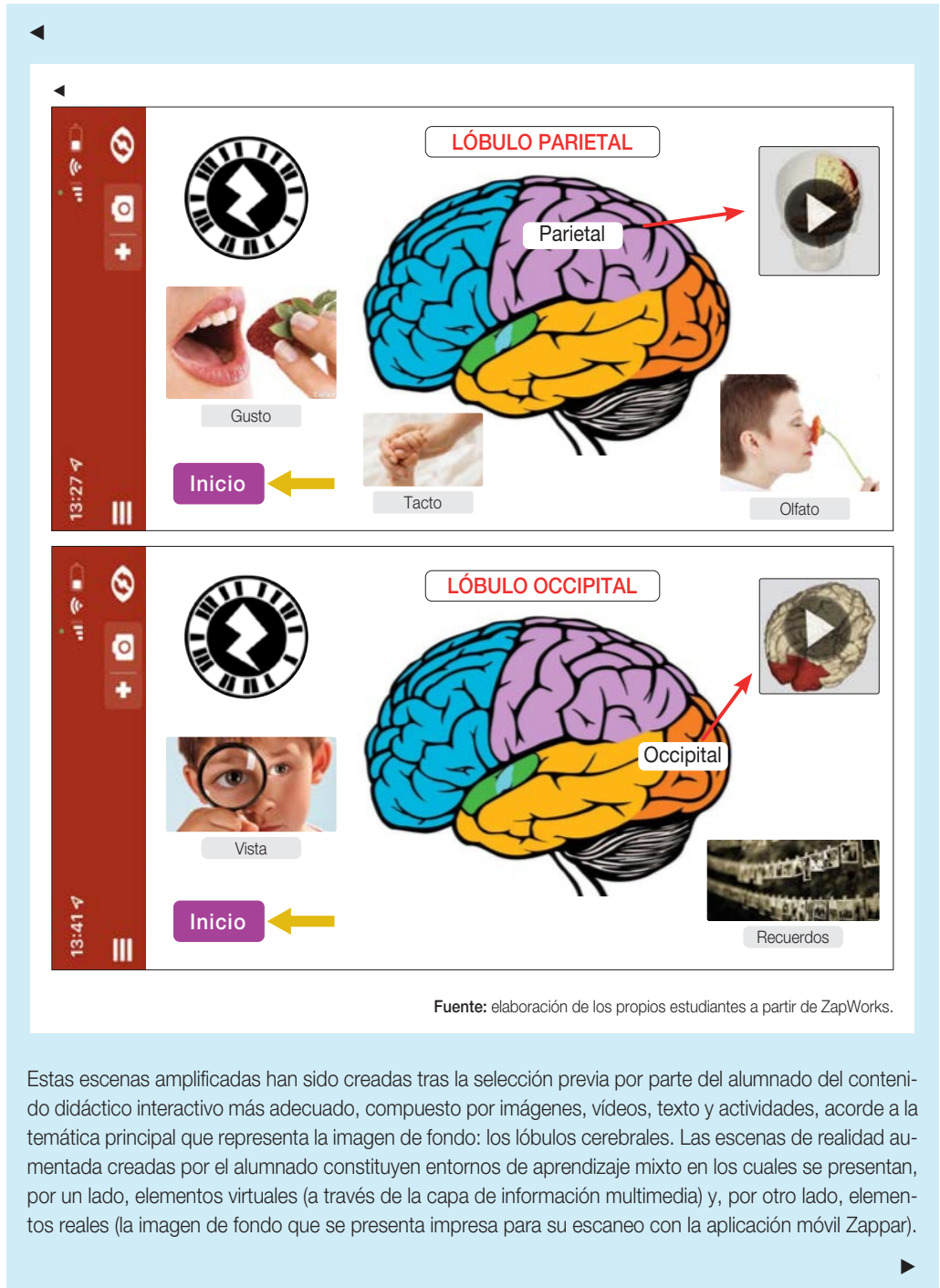




La figura 8 recoge de la segunda a la quinta escena de realidad aumentada con información relativa a los lóbulos Frontal, Temporal, Parietal y Occipital. Tras escanear con Zappar la imagen de fondo con su código, se puede visualizar una capa de información digital compuesta por un texto con la denominación del lóbulo en cuestión y las funciones que ejerce, imágenes y vídeos para representar dichas funciones y un botón para regresar a la escena principal.

Figura 8. Escenas de realidad aumentada que visualizamos con la aplicación Zappar tras escanear la imagen de fondo acompañada con el código circular





Fuente: elaboración de los propios estudiantes a partir de ZapWorks.

Estas escenas amplificadas han sido creadas tras la selección previa por parte del alumnado del contenido didáctico interactivo más adecuado, compuesto por imágenes, vídeos, texto y actividades, acorde a la temática principal que representa la imagen de fondo: los lóbulos cerebrales. Las escenas de realidad aumentada creadas por el alumnado constituyen entornos de aprendizaje mixto en los cuales se presentan, por un lado, elementos virtuales (a través de la capa de información multimedia) y, por otro lado, elementos reales (la imagen de fondo que se presenta impresa para su escaneo con la aplicación móvil Zappar).



La figura 9 ilustra un modelo 3D del cerebro de la galería Sketchfab<sup>4</sup> al cual se accede desde el botón «El cerebro 3D» de la primera escena (véase figura 7). Por su parte, el botón «Autoevaluación» de la misma escena permite acceder a una actividad interactiva diseñada con Wordwall, en la cual el estudiante debe relacionar la denominación de cada lóbulo cerebral con la parte correspondiente en la que se ubica dicho lóbulo (véase figura 10).

Figura 9. Vista del cerebro en 3D desde la galería de objetos tridimensionales Sketchfab

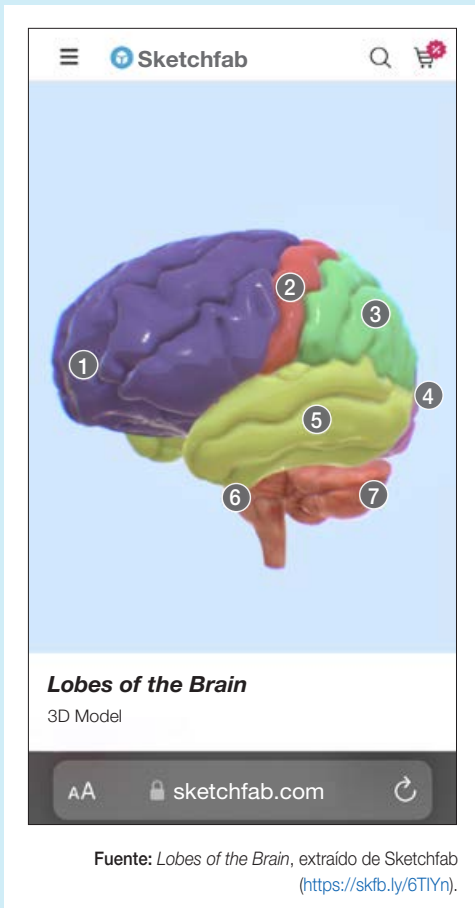
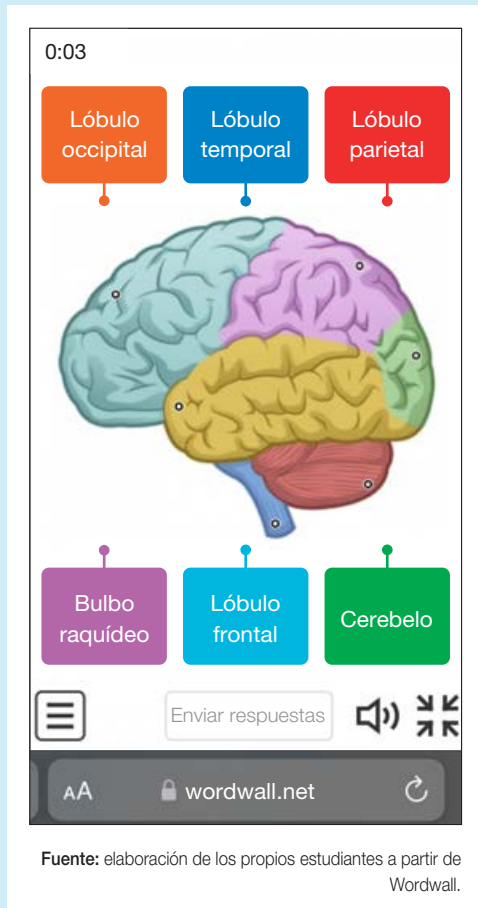


Figura 10. Muestra de actividad interactiva creada con la herramienta de autor Wordwall



<sup>1</sup> <https://es.educaplay.com>  
<sup>2</sup> <https://sketchfab.com/feed>  
<sup>3</sup> <https://wordwall.net/es>  
<sup>4</sup> <https://skfb.ly/6TIYn>

## 5.2. Cuestionario sobre percepciones de realidad aumentada y ZapWorks en la enseñanza de las ciencias

La mayoría de los participantes en esta investigación (89,50 %;  $N = 51$ ) no conocía ni había usado la tecnología de realidad aumentada antes de esta experiencia (ítem 1). Del 15,90 % ( $N = 6$ ) que sí la conocía, solo la había usado el 5,30 % ( $N = 3$ ), pero la mayoría de ellos no supo indicar herramientas específicas (ítem 2).

El 89,50 % ( $N = 51$ ) consideró bastante o muy importante la formación del profesorado en el uso didáctico de herramientas de realidad aumentada en la enseñanza de las ciencias (ítem 3). Solamente el 10,60 % ( $N = 6$ ) lo valoró como algo o poco importante.

El 92,80 % ( $N = 52$ ) manifestó que el aprendizaje de contenidos didácticos se vería bastante o muy reforzado y potenciado con el uso de realidad aumentada, así como la adquisición de competencias clave en el área de ciencias (ítem 4). Solo el 7,10 % ( $N = 4$ ) valoró que se vería algo reforzado y potenciado el aprendizaje de ciencias con el uso de esta tecnología.

---

La mayoría de los participantes en esta investigación consideran la realidad aumentada y ZapWorks como recursos con bastantes y muchas posibilidades para favorecer entornos de aprendizaje en el área de ciencias desde un enfoque innovador

---

Con respecto a la percepción del alumnado sobre las características que presenta la herramienta ZapWorks (ítem 5), los porcentajes más elevados, teniendo en cuenta el valor más alto atribuido (mucho), se sitúan en las siguientes características: el 63,20 % ( $N = 36$ ) consideró esta herramienta muy económica; el 47,40 % ( $N = 27$ ), muy innovadora; el 43,90 % ( $N = 25$ ), muy interactiva; el 40,40 % ( $N = 23$ ), muy didáctica y pedagógica; el 38,60 % ( $N = 22$ ), muy atractiva; y el 36,80 % ( $N = 21$ ), muy útil y funcional.

En relación con las etapas educativas en las que sería más adecuado el uso de ZapWorks (ítem 6), según la valoración de los participantes, se situó, en primer lugar, la etapa de secundaria, con un 98,20 % ( $N = 56$ ); seguida de educación primaria, con un 54,40 % ( $N = 31$ ); de educación superior, con un 52,60 % ( $N = 30$ ); y de formación profesional, con un 47,40 % ( $N = 27$ ). Asimismo, el 80,70 % ( $N = 46$ ) indicó que la herramienta ZapWorks ofrecía bastantes o muchas posibilidades educativas para favorecer los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias más allá de los recursos tradicionales (ítem 7). Por su parte, el 17,50 % ( $N = 10$ ) consideró que solo ofrecía algunas posibilidades y el 1,80 % ( $N = 1$ ) indicó que tenía pocas posibilidades.

En lo referente al nivel de manejo que el alumnado estimó haber alcanzado tras la experiencia con ZapWorks (ítem 8), el 50,90 % ( $N = 29$ ) indicó haber alcanzado un nivel alto; el 28,10 % ( $N = 16$ ) un nivel medio; el 19,30 % ( $N = 11$ ), un nivel muy alto; y el 1,80 % ( $N = 1$ ), un nivel bajo.

Por lo que se refiere a su percepción acerca de la incorporación de la realidad aumentada en el aula como innovación educativa (ítem 9), el 52,60 % ( $N = 30$ ) manifestó que suponía bastante innovación; el 29,80 % ( $N = 17$ ), mucha innovación; el 15,80 % ( $N = 9$ ), alguna innovación; y el 1,80 % ( $N = 1$ ), poca innovación.

Sobre en qué medida la herramienta ZapWorks favorece la creación de entornos personales de aprendizaje (ítem 10), el 59,60 % ( $N = 32$ ) opinó que el uso de este recurso lo favorecería bastante; el 21,10 % ( $N = 12$ ), mucho; el 15,80 % ( $N = 9$ ), algo; y el 3,50 % ( $N = 2$ ), poco.

El 40,40 % ( $N = 23$ ) de los estudiantes indicó que ZapWorks favorecía bastante el trabajo cooperativo y colaborativo en el aula (ítem 11); el 31,60 % ( $N = 18$ ), algo; el 19,30 % ( $N = 11$ ), mucho; el 7 % ( $N = 4$ ), poco; y el 1,80 % ( $N = 1$ ), nada.

Asimismo, el 86 % ( $N = 49$ ) afirmó que emplearía herramientas de realidad aumentada cuando ejerciera su profesión docente (ítem 12), el 3,50 % ( $N = 2$ ) manifestó que no las emplearía y el 10,50 % ( $N = 6$ ) indicó que no lo sabía, o bien no contestó dicho ítem.

El 45,60 % ( $N = 26$ ) consideró que los institutos de secundaria sí contaban con el equipamiento e infraestructuras necesarias para implementar la realidad aumentada (ítem 13), mientras que para el 38,60 % ( $N = 22$ ) no era así, mostrando su desconocimiento sobre este tema el 15,80 % ( $N = 9$ ) restante.

En relación con la pregunta abierta para que el alumnado aportase su reflexión acerca de los aspectos positivos y negativos de la herramienta ZapWorks para la enseñanza de contenidos científicos (ítem 14), en general, el alumnado mostró satisfacción por la formación recibida en el conocimiento y uso didáctico de esta herramienta al propiciar escenarios de aprendizaje amplificados más flexibles, dinámicos, interactivos, atractivos y versátiles, lo que fomentaba la motivación, la creatividad, la curiosidad, la exploración y la construcción del conocimiento desde un enfoque de pensamiento crítico y reflexivo.

Finalmente, el 52,60 % ( $N = 30$ ) indicó que le había resultado bastante útil el seminario formativo recibido para su labor como docentes (ítem 15); el 40,40 % ( $N = 23$ ) opinó que le fue completamente útil, mientras que el 5,30 % ( $N = 3$ ) consideró que le fue de poca utilidad; y solo el 1,80 % ( $N = 1$ ) indicó que no sabía.

## 6. Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio revelan la potencialidad educativa de la plataforma ZapWorks como herramienta didáctica basada en tecnología de realidad aumentada para favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de contenidos científicos relativos a Física, Química, Biología o Geología. Algunas evidencias obtenidas se reflejan en la calidad de

los diseños realizados por los estudiantes en todas estas disciplinas y en la diversidad de temáticas empleadas. En este sentido, son numerosos los estudios que prevén el aumento del uso, la incorporación y las potencialidades de la realidad aumentada aplicadas a la enseñanza de las ciencias (Abdinejad *et al.*, 2021; Chai *et al.*, 2022; Cortés Rodríguez *et al.*, 2021; Eriksen *et al.*, 2020; Jiménez, 2019; Krüger *et al.*, 2021; Liu *et al.*, 2022; Macariu *et al.*, 2020; Probst *et al.*, 2021; Schmid *et al.*, 2020; Wong *et al.*, 2021).

Las percepciones de los estudiantes en relación con la tecnología de realidad aumentada, en general, y con ZapWorks, en particular, ponen de manifiesto la efectividad del proceso de enseñanza-aprendizaje de los contenidos didácticos de áreas científicas. Asimismo, la herramienta promueve la interacción de los estudiantes con los contenidos de aprendizaje mediante escenarios amplificados que incluyen elementos multimedia, como textos, imágenes, vídeos, actividades interactivas o pruebas de evaluación.

---

Las percepciones del alumnado en relación con la tecnología de realidad aumentada ponen de manifiesto la efectividad del proceso de enseñanza-aprendizaje de los contenidos didácticos

---

Un dato relevante es que el 86 % de los participantes de la experiencia indicó que emplearía herramientas de realidad aumentada cuando ejerciera su profesión docente. Este dato es muy prometedor, pero debemos recordar que para que la implementación de esta tecnología de realidad aumentada sea eficaz en los centros educativos es absolutamente necesario la concienciación y formación del profesorado en una adecuada utilización de estas herramientas y aplicaciones, no solo desde una perspectiva técnica e instrumental, sino también a nivel didáctico, lo que pone de manifiesto la necesidad de seguir instruyéndolos en este sentido. Además, también se debe tener en cuenta que una correcta incorporación de las tecnologías en el aula no debe ser concebida como la mera dotación de equipamiento tecnológico a los centros educativos, sino como una verdadera innovación educativa que ofrezca nuevas posibilidades metodológicas que faciliten la tarea de los agentes que intervienen en el proceso educativo (Cebrián de la Serna, 2011).

La experiencia realizada con los estudiantes del Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas de la Universidad de Málaga ha permitido comprobar la importancia de que el alumnado experimente con metodologías innovadoras en el aula, lo que no solo contribuye al conocimiento del recurso y de la herramienta en sí, en este caso de realidad aumentada y ZapWorks, sino también al desarrollo de actitudes positivas en el alumnado ante los beneficios que ofrece esta tecnología para favorecer entornos amplificados de aprendizaje significativos,

---

El 86% de los participantes de la experiencia indicó que emplearía herramientas de realidad aumentada cuando ejerciera su profesión docente

---

relevantes y funcionales (Di Serio *et al.*, 2013). Finalmente, debemos indicar también la potencialidad de esta tecnología para desarrollar habilidades de pensamiento crítico en la enseñanza de las ciencias, un aspecto que se pretende estudiar como continuidad de este trabajo de investigación.

## Referencias bibliográficas

- Abdinejad, M., Ferrag, C., Qorbani, H. S. y Dalili, Sh. (2021). Developing a simple and cost-effective markerless augmented reality tool for chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 98, 1.783-1.788. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.jchemed.1c00173>
- Albertos Gómez, D. y Herrán Gascón, A. de la. (2018). Desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de educación secundaria: diseño, aplicación y evaluación de un programa educativo. *Profesorado, Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 22(4), 269-285. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v22i4.8416>
- Altuve, J. G. (2010). El pensamiento crítico y su inserción en la educación superior. *Actualidad Contable Faces*, 13(20), 5-18. <https://www.redalyc.org/pdf/257/25715828002.pdf>
- Araújo, U. F. y Sastre Vilarrasa, G. (Coords.) (2008). *El aprendizaje basado en problemas: una perspectiva de la enseñanza en la universidad*. Gedisa.
- Arias Sandoval, L. (2017). El aprendizaje por proyectos: una experiencia pedagógica para la construcción de espacios de aprendizaje dentro y fuera del aula. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 12(1), 51-68. <https://doi.org/10.15359/rep.12-1.3>
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S. y Kinshuk, J. (2014). Augmented reality trends in education: a systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society*, 17(4), 133-149.
- Barba Vera, R. G., Yasaca Pucuna, S. y Manosalvas Vaca, C. A. (2015). Impacto de la realidad aumentada móvil en el proceso enseñanza-aprendizaje de estudiantes universitarios del área de medicina. En AIDIPE (Ed.), *Investigar con y para la Sociedad* (Vol. 3, pp. 1.421-1.429). Bubok Publishing, SL.
- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., Rouèche, C. y Olabe, J. C. (2007). Realidad aumentada en la educación: una tecnología emergente [comunicación]. *Online Educa Madrid 2007: 7.ª Conferencia Internacional de la Educación y la Formación Basada en las Tecnologías* (pp. 24-29). Madrid. [https://www.academia.edu/29096018/Realidad\\_Aumentada\\_en\\_la\\_Educaci%C3%B3n\\_una\\_tecnolog%C3%ADa\\_emergente](https://www.academia.edu/29096018/Realidad_Aumentada_en_la_Educaci%C3%B3n_una_tecnolog%C3%ADa_emergente)
- Blanco López, Á., España-Ramos, E. y Franco-Mariscal, A. J. (2017). Estrategias didácticas para el desarrollo del pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1), 107-115.
- Bruner, J. S. (2001). *El proceso mental en el aprendizaje*. Narcea.
- Cabero Almenara J. y Barroso Osuna J. (2016a). Posibilidades educativas de la realidad au-



- mentada. *New Approaches in Educational Research*, 5(1), 46-52. <https://doi.org/10.7821/naer.2016.1.140>
- Cabero Almenara, J. y Barroso Osuna, J. (2016b). Ecosistema de aprendizaje con realidad aumentada: posibilidades educativas. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 5, 141-154. <https://doi.org/10.51302/tce.2016.101>
- Cabero Almenara, J. y García Jiménez, F. (2016). *Realidad aumentada. Tecnología para la formación*. Síntesis.
- Cabero Almenara, J., Leiva Olivencia, J. J., Moreno Martínez, N. M., Barroso Osuna, J. y López Meneses, E. (2016). *Realidad aumentada y educación: innovación en contextos formativos*. Octaedro.
- Cabero Almenara, J., Llorente Cejudo, C. y Gutiérrez Castillo, J. J. (2017). Evaluación por y desde los usuarios: objetos de aprendizaje con realidad aumentada. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 51, 1-17.
- Cebrián de la Serna, M. (2011). Los centros educativos en la sociedad de la información y el conocimiento. En M. Cebrián de la Serna y M. J. Gallego (Coords.), *Procesos educativos con TIC en la sociedad del conocimiento* (pp. 23-31). Pirámide.
- Chai, J. J. K., O'Sullivan, C., Gowen, A. A., Rooney, B. y Xu, J. L. (2022). Augmented/mixed reality technologies for food: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 124, 182-194. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09242224422001509>
- Chen, S.-Y. y Liu, S.-Y. (2020). Using augmented reality to experiment with elements in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 111. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106418>
- Cobo, C. y Moravec, J. W. (2011). *Aprendizaje invisible: hacia una nueva ecología de la educación*. Col.lecció Transmedia XXI. Laboratori de Mitjans Interactius. Univesitat de Barcelona.
- Cortés Rodríguez, F., Frattini, G., Krapp, L. F., Martínez-Hung, H., Moreno, D. M., Roldán, M., Salomón, J., Stemkoski, L., Traeger, S., Dal Peraro, M. y Abriata, L. A. (2021). MoleculARweb: a web site for chemistry and structural biology education through interactive augmented reality out of the box in commodity devices. *Journal of Chemical Education*, 98(7), 2.243-2.255. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00179>
- Downes, S. (2005). *An Introduction to Connective Knowledge*. <https://www.downes.ca/cgi-bin/page.cgi?post=33034>
- Eriksen, K., Nielsen, B. E. y Pittelkow, M. (2020). Visualizing 3D molecular structures using an augmented reality app. *Journal of Chemical Education*, 97(5), 1.487-1.490. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.9b01033>
- Fombona Cadavieco, J., Pascual Sevillano, M.<sup>a</sup> Á. y Madeira Ferreira Amador, M.<sup>a</sup> F. (2012). Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 41, 197-210.
- Fonseca Escudero, D., Redondo Domínguez, E. y Valls, F. (2016). Motivación y mejora académica utilizando realidad aumentada para el estudio de modelos tridimensionales arquitectónicos. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 17(1), 45-64.
- González-López, E., García-Lázaro, I., Blanco-Alfonso, A. y Otero-Puime, A. (2010). Aprendizaje basado en la resolución de problemas: una experiencia práctica. *Educación Médica*, 13(1), 15-24.

- Graaff, E. de y Kolmos, A. (2003). Characteristics of problem-based learning. *International Journal of Engineering Education*, 19(5), 657-662. <https://www.ijee.ie/articles/Vol19-5/IJEE1450.pdf>
- Han, J., Jo, M., Hyun, E. y So, H.-J. (2015). Examining young children's perception toward augmented reality-infused dramatic play. *Education Technology Research Development*, 63, 455-474.
- Hierrezuelo Osorio, J. M., Franco-Mariscal, A. J. y Blanco López, Á. (2022). Uso de dilemas sociocientíficos para el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en docentes en formación inicial. Percepciones del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 97(36.1), 99-122.
- Iglesias, J. (2002). El aprendizaje basado en problemas en la formación inicial de docentes. *Perspectivas*, 32(3), 1-17.
- Jiménez, Z. A. (2019). Teaching and learning chemistry via augmented and immersive virtual reality. *American Chemical Society*, 1.318, 31-52. <https://doi.org/10.1021/bk-2019-1318.ch003>
- Kapp, K. (2012). Games, gamification, and the quest for learner engagement. *Training and Development*, 66(6), 64-68.
- Kato, H. (2010). Return to the origin of augmented reality [Archivo de vídeo]. *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2010* (Seúl, Corea del Sur). *Panel discussion: «The Future of ISMAR: Converging Science, Business, and Art»* (organizado por Henry Fuchs and Christian Sandor).
- Kato, H. y Billinghurst, M. (1999). Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system. *Proceeding 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality* (pp. 85-94). <https://doi.org/10.1109/IWAR.1999.803809>
- Krüger, J. M., Palzer, K. y Bodemer, D. (2021). Learning with augmented reality: impact of dimensionality and spatial abilities. *Computer and Education Open*, 3. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666557321000367>
- Lee, J. y Hammer, J. (2011). Gamification in education: what, how, why bother? *Academic Exchange Quarterly*, 15(2), 146-151.
- Li, C., Dong, Z., Untch, R. H. y Chasteen, M. (2013). Engaging computer science students through gamification in an online social network based collaborative learning environment. *International Journal of Information and Education Technology*, 3(1), 72-77. <http://www.ijet.org/papers/237-T125.pdf>
- Liu, Y., Sathishkumar, V. E. y Manickam, A. (2022). Augmented reality technology based don school physical education training. *Computers and Electrical Engineering*, 99. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045790622001070>
- Macariu, C., Iftene, A. y Gifu, D. (2020). Learn chemistry with augmented reality. *24th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems. Procedia Computer Science*, 176, 2.133-2.142. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050920321542>
- Martínez-Hung, H., García-López, A. y Escalona-Arranz, J. C. (2017). Augmented reality models applied to chemistry education on college. *Revista Cubana de Química*, 29(1), 13-25.
- Merino, C., Pino, S., Meyer, E., Garrido, J. M. y Gallardo, F. (2015). Realidad aumen-

- tada para el diseño de enseñanza-aprendizaje en química. *Educación Química*, 26(2), 94-99.
- Moreno Martínez, N. M. y Franco-Mariscal, A. J. (2020). Programa formativo de realidad aumentada y realidad virtual en la enseñanza de las ciencias en la educación superior. En A. Alias García, D. Cebrián Robles, F. J. Ruiz Rey e I. Carballo Vidal (Coords.), *Tecnologías para la formación de profesionales en educación* (pp. 232-256). Dykinson.
- Moreno Martínez, N. M. y Leiva Olivencia, J. J. (2017). Experiencias formativas de uso didáctico de la realidad aumentada con alumnado del grado de Educación Primaria en la Universidad de Málaga. *EDMETIC. Revista de Educación Mediática y TIC*, 6(1), 81-104. <http://www.uco.es/servicios/ucopress/ojs/index.php/edmetic/issue/view/546/showToc>
- Moreno Martínez, N. M., Leiva Olivencia, J. J. y Matas Terrón, A. (2016). Herramientas de realidad aumentada para la enseñanza superior en el área de Medicina. *Hekademos. Revista Educativa Digital*, 21, 19-33. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6280721>
- Moreno Martínez, N. M. y Morales Cevallos, M.<sup>a</sup> B. (2021). COVID-19 from a techno-educational perspective through makerspaces. *International Journal of Educational Research and Innovation*, 15, 57-72. <https://doi.org/10.46661/ijeri.4898>
- Moursund, D. (1999). *Project-Based Learning Using Information Technology*. Society for Technology in Education.
- Ortiz-Colón, A. M., Jordán, J. y Agredal, M. (2018). Gamificación en educación: una panorámica sobre el estado de la cuestión. *Educação e Pesquisa*, 44, 1-17. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634201844173773>
- Pedro Carracedo, J. de y Martínez Méndez, C. L. (2012). Realidad aumentada. Una alternativa metodológica en la educación primaria nicaragüense. *IEEE-RITA*, 7(2), 102-108.
- Pérez, C., Herrera, M. y Ferrer, S. (2016). ¿Cómo es el proceso de construcción del pensamiento crítico en el estudiante universitario? Una teoría fundamentada desde sus protagonistas. *Revista Omnia*, 22(2), 91-106. <https://www.redalyc.org/journal/737/73749821008/html/>
- Prendes Espinosa, C. (2015). Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 46, 187-203.
- Probst, C., Fetzer, D., Lukas, S. y Huwer, J. (2021). Effekte von Augmented Reality (AR) zur Visualisierung eines dynamischen Teilchenmodells-virtuelle Modelle zum Anfassen. *Chemkon*, 28, 1-7. <https://dx.doi.org/10.1002/ckon.202000046>
- Reinoso Ortiz, R. (2012). Posibilidades de la realidad aumentada en educación. En J. Hernández Ortega, M. Pennesi, D. Sobrino López y A. Vázquez Gutiérrez (Coords.), *Tendencias emergentes en educación con TIC* (pp. 357-400). Espiral.
- Ruiz Cerrillo, S. (2020). Realidad aumentada y aprendizaje de la química orgánica. *Apertura*, 12(1), 8-21. <http://dx.doi.org/10.32870/Ap.v12n1.1853>
- Sailer, M., Hense, J. Mandl, H. y Klevers, M. (2013). Psychological perspectives on motivation through gamification. *Interaction Design and Architecture Journal*, 19, 28-37. <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1222424/file.pdf>

- Santos, M. E. C., Chen, A., Taketomi, T., Yamamoto, G., Miyazaki, J. y Kato, H. (2014). Augmented reality learning experiences: survey of prototype design and evaluation. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(1), 38-56.
- Schmid, J. R., Ernst, M. J. y Thiele, G. (2020). Structural chemistry 2.0: combining augmented reality and 3D online models. *Journal of Chemical Education*, 97(12), 4.515-4.519. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00823>
- Serio, Á. di, Ibáñez, M.<sup>a</sup> B. y Delgado Kloos, C. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596.
- Siemens, G. (2004). *Conectivismo: una teoría de aprendizaje para la era digital*. [https://ateneu.xtec.cat/wikiform/wikiexport/\\_media/cursos/tic/s1x1/modul\\_3/conectivismo.pdf](https://ateneu.xtec.cat/wikiform/wikiexport/_media/cursos/tic/s1x1/modul_3/conectivismo.pdf)
- Tamayo, O. E., Zona, R. y Loaiza Y. E. (2015). El pensamiento crítico en la educación. Algunas categorías centrales en su estudio. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 11(2), 111-133. <https://www.redalyc.org/pdf/1341/134146842006.pdf>
- Thomas, J. W. (2000). *A Review of Research on Project-Based Learning*. The Autodesk Foundation.
- Urzúa Reyes, M. D. (22 de marzo de 2021). Augmented reality for learning chemistry. *Institute for the Future of Education*. <https://observatory.tec.mx/edu-bits-2/augmented-reality-for-learning-chemistry>
- Vuorikari, R., Ferrari, A. y Punie, Y. (2019). *Makerspaces for Education and Training: Exploring future implications for Europe*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC117481>
- Wong, C. H. S., Tsang, K. C. K. y Chiu, W.-K. (2021). Using augmented reality as a powerful and innovative technology to increase enthusiasm and enhance student learning in higher education chemistry courses. *Journal of Chemical Education*, 98(11), 3.476-3.485. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01029>

**Noelia Margarita Moreno Martínez**. Doctora en Pedagogía, maestra en Audición y Lenguaje y diplomada en Logopedia por la Universidad de Málaga (España). Profesora ayudante doctora en el área de Logopedia del Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico de la Universidad de Málaga.

**Antonio Joaquín Franco-Mariscal**. Doctor por la Universidad de Cádiz (España). Licenciado en Ciencias Químicas. Profesor titular de universidad en el área de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Málaga. Profesor de educación secundaria de Física y Química (2001-2018).

**Contribución de autores.** N. M. M. M. y A. J. F.-M. han participado a partes iguales en la elaboración de todos los apartados que constituyen este estudio de investigación.