

Actitud del profesorado hacia el uso de simulaciones virtuales: diseño y validación de un cuestionario

Teachers' attitudes towards the use of virtual simulations: Design and validation of a questionnaire

Dra. Alicia PALACIOS. Profesora Contratada Doctora. Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), España (alicia.palacios@unir.net).

Dra. Rosa GÓMEZ. Profesora Contratada Doctora. Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), España (rosa.gomez@unir.net).

Dr. Álvaro BARRERAS. Profesor Contratado Doctor. Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), España (alvaro.barreras@unir.net).

Dr. Daniel MORENO-MEDIAVILLA. Profesor Contratado Doctor. Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), España (daniel.moreno@unir.net).

Resumen:

Las simulaciones virtuales en el aula de ciencias no se utilizan de manera tan habitual como cabría esperar si se tiene en cuenta la mejora demostrada en el aprendizaje conceptual del estudiante, en el desarrollo de sus habilidades y en la adquisición de emociones positivas. Esto hace necesario conocer cuáles son las actitudes y percepciones del profesorado en el uso de estas herramientas. El objetivo de este trabajo es construir y validar un instrumento de medida de las actitudes del profesorado de educación secundaria hacia el uso de simulaciones virtuales de áreas STEM. A partir de una profunda revisión teórica, se desarrolló un cuestionario inicial, que fue sometido a un proceso de validación de expertos, y un estudio piloto. Se obtuvo un cuestionario formado por 27 ítems, el cual fue aplicado a 783 profesores de educación secundaria de España. Tras el análisis factorial confirmatorio desarrollado, se obtuvo una escala compuesta por cinco factores. Los análisis psicométricos mostraron índices de ajuste satisfactorios que prueban la validez discriminante y convergente del modelo. El resultado es un instrumento útil para determinar los factores principales que alejan al profesorado del uso habitual de las simulaciones. Esto posibilita el diseño de propuestas de formación que tengan en cuenta las actitudes previas del docente.

Fecha de recepción del original: 07-11-2024.

Fecha de aprobación: 10-04-2024.

Cómo citar este artículo: Palacios, A., Gómez, R., Barreras, Á., y Moreno-Mediavilla, D. (2024). Actitud del profesorado hacia el uso de simulaciones virtuales: diseño y validación de un cuestionario [Teachers' attitudes towards the use of virtual simulations: Design and validation of a questionnaire]. *Revista Española de Pedagogía*, 82 (289), 585-605. <https://doi.org/10.22550/2174-0909.4165>

Palabras clave: simulaciones virtuales, actitud del docente, cuestionario, enseñanza secundaria.

Abstract:

Virtual simulations in science classes are not used as often as might be expected if we consider the demonstrated improvement in students' conceptual learning, the development of their skills, and their acquisition of positive emotions. This makes it necessary to identify teachers' attitudes and perceptions to the use of these tools. The aim of this work is to construct and validate an instrument for measuring the attitudes of secondary education teachers towards the use of virtual simulations in STEM fields. Based on an in-depth theoretical review, we developed an ini-

tial questionnaire that was subjected to a process of expert validation and a pilot study. A questionnaire comprising 27 items was obtained, which was applied to 783 secondary school teachers in Spain. After carrying out confirmatory factor analysis, a scale comprising five factors was obtained. The psychometric analyses displayed satisfactory fit indices that prove the discriminant and convergent validity of the model. The result is a useful instrument for determining the principal factors that discourage teachers from habitually using simulations. This enables the design of training proposals that take teachers' prior attitudes into account.

Keywords: virtual simulations, teacher attitude, questionnaire, secondary teaching.

1. Introducción

En los enfoques actuales de enseñanza de las ciencias, cobra cada vez más importancia el aprendizaje de los procesos, además de la comprensión de los contenidos. Ante esta necesidad, se plantean nuevos retos tecnológicos que favorezcan un aprendizaje holístico de la ciencia (Oliverira *et al.*, 2019; Osborne, 2014). En este sentido, las simulaciones virtuales ofrecen estrategias basadas en el método científico (De Jong y Van Joolingen, 1998; Fan y Geelan, 2013; Rutten *et al.*, 2012) que favorecen las competencias de razonamiento y de indagación (Stieff, 2019; Trujillo *et al.*, 2023; Wen *et al.*, 2020), las competencias gráficas (Plass *et al.*, 2012), las habilidades de pensamiento de orden superior (Amin y Ikh-san, 2021) y la alfabetización científica (Chen *et al.*, 2014; Lynch y Ghergulescu, 2017). Además, tienen la capacidad de respaldar el

aprendizaje basado en modelos y su efecto en la visualización (Lee *et al.*, 2021) de la mayoría de los contenidos asociados con áreas STEM (*science, technology, engeneering, mathematics*) (D'Angelo *et al.*, 2014). También permiten representar fenómenos reales: los estudiantes observan y manipulan variables y fenómenos, y visualizan los cambios producidos (Chan *et al.*, 2021; De Jong y Van Joolingen, 1998). Por último, el uso de las simulaciones virtuales mejora la satisfacción y el compromiso de los estudiantes (Durán *et al.*, 2007; Wu y Huang, 2007), quienes, de este modo, desarrollan actitudes positivas hacia las ciencias (Zacharia, 2003).

Todas estas características hacen que introducir las simulaciones virtuales como recurso didáctico resulte muy favorable (D'Angelo *et al.*, 2014; Waight *et al.*, 2014).

Sin embargo, no se utilizan habitualmente en las aulas (Chan *et al.*, 2021; Lee *et al.*, 2021). Para resolver esta situación, se plantea la necesidad de trabajar desde dos perspectivas fundamentales: el conocimiento del profesorado en el uso de simulaciones virtuales (Gómez *et al.*, 2022; Moreno-Mediavilla *et al.*, 2023) y su actitud hacia el uso de estas (Lee *et al.*, 2021). Esta última perspectiva es la constituye el objetivo del presente trabajo.

La actitud se describe como el modo favorable o desfavorable de un individuo hacia un objeto, una persona o un acontecimiento (Albirini, 2006). Es un constructo multidimensional que engloba tres dimensiones: afectiva, conductual y cognitiva, aunque su inclusión y su interpretación varían en función de los autores. Así, Teo *et al.* (2016) incluyen la dimensión afectiva, entendida como el disfrute, el placer y la preferencia de uso de tecnología en los docentes. Shapka y Ferrari (2003) agregan, además, el factor ansiedad al usar la tecnología. No todos los autores otorgan relevancia a la dimensión conductual. No obstante, Teo (2008) la considera importante, puesto que permite analizar la proactividad del profesorado hacia los diferentes recursos tecnológicos, su uso regular y la realización de formaciones. La dimensión cognitiva se asocia con aspectos como la percepción de ahorro de tiempo o las mejoras que aporta la tecnología en el proceso educativo (Albirini, 2006). También se incluyen otros componentes cognitivos, como la percepción de utilidad de los recursos o de habilidad en su uso (Teo, 2008), o las creencias, la valoración y la función social que le da el profesorado al uso de la tecnología (Cai *et al.*, 2017).

En función de estas definiciones, muchos autores han analizado las variables principales que afectan al uso de la tecnología en educación con base en el modelo teórico TAM (modelo de aceptación de la tecnología) (Davis *et al.*, 1989). Este modelo plantea que la utilidad percibida y la facilidad de uso de la tecnología influyen de forma significativa en la actitud hacia su uso, y esta se relaciona con la intención de usar la tecnología y con su uso real (Albirini, 2006; Tate *et al.*, 2015; Teo *et al.*, 2016). Además de estos dos factores principales, se han descrito otras posibles variables: las condiciones que facilitan el uso de la tecnología (Lai *et al.*, 2012; Teo, 2012), la complejidad tecnológica (Teo, 2012), la autoeficacia docente (Wong *et al.*, 2012), el género (Cai *et al.*, 2017), la edad (Nunes *et al.*, 2020), los años de experiencia de uso (Gargallo *et al.*, 2007) o el campo de estudio (Teo, 2008).

La extensa bibliografía sobre actitud hacia el uso de la tecnología contrasta con los escasos trabajos sobre actitud hacia el uso concreto de simulaciones virtuales. Zacharia (2003) observó que las actitudes del profesorado hacia su uso mejoraban tras utilizarlos en el aula. Por su parte, Lehtinen *et al.* (2016) mostraron que el conocimiento de la tecnología está relacionado con la percepción de la utilidad de la simulación y con la disposición hacia su uso en el aula. Recientemente, Lee *et al.* (2021) analizaron las actitudes del profesorado hacia el uso de simulaciones mediante entrevistas y encontraron como variables principales la utilidad percibida, la facilidad de uso, la idoneidad de las simulaciones, la posibilidad de comprometer al alumno con el aprendizaje y las necesidades de crecimiento profesional del docente. Respecto al uso de las simulaciones

virtuales por parte del docente, Gómez *et al.* (2022) y Moreno-Mediavilla *et al.* (2023) diseñaron y pusieron en práctica un cuestionario para analizar la percepción de la competencia digital docente en el uso concreto de simulaciones virtuales. El cuestionario que se presenta en este trabajo aporta una información de gran interés para abordar las actitudes concretas del docente hacia el uso de simulaciones virtuales, ya que no existe ningún instrumento específico que las evalúe. Las actitudes y las creencias del docente sobre el uso de estas herramientas son determinantes para mejorar su disposición a utilizarlas (Khan, 2011; Padilla, 2018). Además de conocer la actitud del docente hacia el uso de simulaciones virtuales, este cuestionario informa si dicha actitud influye de manera directa en la utilización de tales herramientas y la comparación con la percepción del propio docente sobre sus competencias digitales. Esta cuestión ha sido destacada como una de las principales necesidades en la formación de profesorado, tal y como afirman De Pro Bueno *et al.* (2022) y Pozuelo *et al.* (2023).

Dada la importancia de conocer la actitud del docente hacia la implementación de simulaciones virtuales en el aula, el objetivo de este trabajo es diseñar y validar un cuestionario de actitudes del profesorado de educación secundaria hacia el uso de simulaciones virtuales de áreas STEM.

2. Método

2.1. Diseño de la investigación

El presente estudio es cuantitativo, no experimental, de tipo descriptivo a través de un diseño transversal.

2.2. Muestra

La muestra fue obtenida mediante un muestreo no probabilístico casual. Está formada por 783 docentes de educación secundaria de Física, Química, Biología, Geología, Tecnología y Matemáticas de toda España, que trabajan en centros públicos (80.72%), concertados (16.22%) y privados (3.07%) de zonas urbanas (73.56%) y rurales (26.44%). Por otro lado, el 61.94% de los participantes son mujeres, y el 37.68%, hombres. Con relación a la edad, el 8.43% de los docentes tiene menos de 31 años; el 20.05%, entre 31 y 40; el 37.42%, entre 41 y 50; el 31.42%, entre 51 y 60, y el 2.68% del profesorado tiene más de 60 años. Respecto a la distribución de años de experiencia docente, el 22.09% cuenta con menos de 5 años de experiencia, el 17.24% posee entre 5 y 10 años, el 24.39% tiene entre 11 y 20 años, y el 36.27% del profesorado cuenta con más de 20 años de experiencia docente.

2.3. Proceso de elaboración del cuestionario

El proceso de elaboración de este instrumento toma, como punto de partida, el modelo TAM de Davis *et al.* (1989), quienes plantean que la utilidad y la facilidad de uso de las tecnologías influyen de manera directa sobre la actitud y, con ello, sobre la conducta final. Por ello, el cuestionario plantea un modelo inicial de dos grandes factores (utilidad y facilidad de uso). Además, para el diseño de los ítems, se tuvieron en cuenta otras variables que pueden influir en el uso de las tecnologías y, en concreto, de las simulaciones virtuales (Lee *et al.*, 2021, Albirini, 2006, Teo *et al.*, 2016, Tate *et al.*, 2015). Así, se plantearon ítems relacionados con la dimensión

afectiva de la actitud hacia el uso de simulaciones virtuales (SV), como los descritos previamente por Teo *et al.* (2016). Asimismo, se definieron ítems relacionados con la utilidad percibida y descritos ampliamente por diversos autores (Albirini, 2006; Sahin *et al.*, 2016; Teo, 2008; Teo *et al.*, 2016). Estos ítems, además, se plantearon atendiendo a dos aspectos adicionales: la utilidad a la hora de mejorar la comprensión de contenidos y la utilidad para adquirir competencias científicas. Por último, siguiendo la necesidad planteada por Lee *et al.*, (2021) de profundizar en los aspectos involucrados en la percepción que tiene el docente sobre la facilidad de uso de las simulaciones, se introdujeron ítems relacionados con la disponibilidad de estas, su complejidad de uso y los posibles obstáculos para el aprendizaje de los estudiantes.

A través de este análisis, se identificaron 46 ítems relevantes para la primera versión del instrumento. Con el fin de comprobar la validez de contenido del cuestionario, se llevó a cabo un juicio de expertos compuesto por 4 docentes e investigadores [número adecuado según Grant y Davis (1997)] seleccionados por conveniencia. Estos profesionales contaban con diversa experiencia laboral (entre 10 y 46 años) y eran expertos de reconocido prestigio en didáctica de las ciencias experimentales, didáctica de las matemáticas y métodos de investigación en educación. El juicio realizado incluía el análisis de cada uno de los ítems con relación a tres propiedades: claridad, coherencia y pertinencia, además de los comentarios pertinentes para cada caso. En los casos en los que dos o más expertos valoraron de forma negativa las propiedades de coherencia

o pertinencia, se eliminó el ítem; cuando lo que se desaprobaba era la claridad, se revisaba su redacción.

Con posterioridad, se realizó una prueba piloto con una muestra compuesta por 30 docentes de educación secundaria en las áreas STEM en España, seleccionados por conveniencia; el objetivo era obtener información sobre la relevancia de los ítems. El profesorado pertenecía a centros públicos y concertados de centros urbanos y rurales. El cuestionario fue enviado por correo electrónico durante la primera quincena de octubre de 2021. Se realizó un análisis del alfa de Cronbach del cuestionario global y se analizó la correlación ítem-total.

2.4. Instrumento y procedimiento de recogida de datos

El cuestionario CADUSV (cuestionario de actitudes del docente hacia el uso de simulaciones virtuales), elaborado con la herramienta Survey Monkey, está compuesto por varias preguntas para la caracterización de la muestra (sexo, edad, años de experiencia docente, especialidad y tipo de centro educativo) y por 27 ítems relacionados con las actitudes del profesorado de áreas STEM hacia el uso de simulaciones virtuales (enlace al cuestionario). Los docentes deben señalar su grado de acuerdo o desacuerdo con cada ítem según una escala Likert del 1 a 5. En el instrumento, además, se detalla el objetivo del estudio y se solicita la participación del profesorado de Física y Química, Biología y Geología, Tecnología y Matemáticas de educación secundaria.

El cuestionario se remitió de forma manual, por correo electrónico, a centros

educativos públicos, concertados y privados de España. El envío se realizó desde la segunda quincena de enero hasta finales de febrero de 2022, período en el que estuvo activa la participación en este estudio. En todo momento, se aseguró el anonimato de los participantes.

2.5. Análisis de datos

La existencia de estudios previos relacionados directamente con la temática permitió partir de una serie de factores para la construcción del cuestionario. Por ello, la validación del constructo se desarrolló a través de un análisis factorial confirmatorio (AFC), para lo cual se utilizó el programa de análisis de datos Mplus 8.1.5.

En primer lugar, a través del *software* SPSS 25, se analizó si en la muestra existían datos atípicos; en tales casos, se eliminaron de la muestra total. Se comprobó el supuesto de normalidad multivariada a través del coeficiente de Mardia (1970), que se determina a partir de los datos de asimetría y curtosis. Al no cumplir este supuesto, se usó la matriz policórica como base del AFC. Con el objetivo de descartar por completo la opción de utilizar la matriz de Pearson como base del análisis, se hicieron pruebas con ambos tipos de matrices y se observaron peores datos de ajuste en el caso de la matriz de Pearson. La estimación de los modelos se desarrolló usando el estimador robusto de mínimos cuadrados ponderados (*unweighted least squares mean-and-variance adjusted*, ULSMV), dado que las variables observadas del modelo propuesto eran ordinales.

En primer lugar, se calcularon los índices de ajuste del modelo de dos dimen-

siones y se obtuvieron los índices de modificación y de residuos estandarizados con el objetivo de mejorar el ajuste de los modelos. Se utilizaron índices de ajuste absoluto, que permiten valorar si la teoría subyacente se ajusta a los datos extraídos, e índices de ajuste incremental, que comparan el modelo propuesto en relación con un modelo base (McNeish *et al.*, 2018).

Se obtuvieron los siguientes índices absolutos: el valor de chi-cuadrado dividido por los grados de libertad del modelo (CMIN/*gl*), donde valores inferiores a 2 son muy buenos, y entre 3 y 5, aceptables (Hair *et al.*, 2014); y la raíz cuadrática media del error de aproximación (RMSEA), que trata de comprobar el ajuste entre el modelo propuesto y unos datos poblacionales hipotéticos. En este caso, valores por debajo de .05 se consideran muy buenos, y entre .05 y .08, aceptables (Byrne, 2009). Los índices de ajuste incremental aportados son CFI (*comparative fit index*) y TLI (*Tucker-Lewis index*). En ellos, valores superiores a .9 son adecuados y, a partir de .95, se consideran óptimos (Xia y Yang, 2019).

Con el objetivo de determinar la validez discriminante, se analizó y comparó el modelo de dos factores con el de un único factor, así como con los de cuatro, cinco y seis factores. Incluso, contemplando la existencia de modelos de segundo orden (tabla 1). Esos modelos alternativos se definieron a partir de diferentes combinaciones posibles que cuadraban con el supuesto teórico antes descrito. Para la comparación de los modelos, se estudiaron los índices de ajuste anteriormente especificados.

TABLA 1. Organización de los diferentes modelos respecto a ítems y factores.

Ítem	Modelo 2f	Modelo 4f	Modelo 5f	Modelo 6f	Modelo 5f con factores de segundo orden	Modelo 6f con factores de segundo orden
1	Factor 1: Interés hacia el uso (IU)	Interés hacia el uso (IU)	Percepción de la utilidad (PU)	Percepción de la utilidad para el aprendizaje conceptual (PUConc)	Percepción de la utilidad (PU)	Percepción de la utilidad para el aprendizaje conceptual (PUConc)
2						
3						
4						
5						
6						
7	Factor 1: Interés hacia el uso (IU)	Interés hacia el uso (IU)	Percepción de la utilidad (PU)	Percepción de la utilidad para el aprendizaje conceptual (PUConc)	Percepción de la utilidad (PU)	Percepción de la utilidad para el aprendizaje competencial (PUComp)
8						
9						
10	Factor 1: Interés hacia el uso (IU)	Interés hacia el uso (IU)	Creencias y emociones hacia el uso de SV (CEU)	Creencias y emociones hacia el uso de SV (CEU)	Creencias y emociones hacia el uso de SV (CEU)	Creencias y emociones hacia el uso de SV (CEU)
11						
12*						
13						
14						

15	Factor 1: dificultad percibida (DP)				Factor 2: dificultad percibida (DP)
16	Complejidad de uso (CU)	Complejidad de uso (CU)	Complejidad de uso (CU)	Complejidad de uso (CU)	
17	Complejidad de uso (CU)	Complejidad de uso (CU)	Complejidad de uso (CU)	Complejidad de uso (CU)	
18	Complejidad de uso (CU)	Complejidad de uso (CU)	Complejidad de uso (CU)	Complejidad de uso (CU)	
19	Factor 2: dificultad percibida (DP)				Factor 2: dificultad percibida (DP)
20	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	
22	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	
23	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	
25	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	Factor 2: dificultad percibida (DP)
26	Disponibilidad (D)	Disponibilidad (D)	Disponibilidad (D)	Disponibilidad (D)	
27	Disponibilidad (D)	Disponibilidad (D)	Disponibilidad (D)	Disponibilidad (D)	

*El ítem 12, en los análisis iniciales, pertenece a la dimensión *dificultad percibida*, tal y como se explica en el apartado de resultados.

De forma adicional, se analizó la validez convergente para comprobar la varianza que tienen en común los ítems que forman una dimensión mediante el análisis de las cargas factoriales, las cuales deben alcanzar valores por encima de .5. Dentro de la validez convergente, también se analizó la fiabilidad compuesta (Green y Yang, 2015) y la varianza media extraída (VME). Sus valores, para que se consideren de un valor aceptable, deben situarse por encima de .7 y .37-.5, respectivamente (Hair *et al.*, 2014; Moral, 2019).

3. Resultados

El modelo inicial propuesto para la validación constaba de 27 variables observadas y dos dimensiones latentes: interés hacia el uso (IU) y dificultad percibida (DP) (Tabla 1).

El análisis de datos atípicos reveló la existencia de seis conjuntos de datos

que debían ser eliminados, por lo que la muestra de estudio final estuvo compuesta por 777 profesores, el 99% de la muestra inicial. Tras comprobar que el supuesto de normalidad multivariante de Mardia no se cumplía (Tabla 2) y que el ajuste con matriz de Pearson no generaba resultados satisfactorios, se decidió utilizar la matriz de correlaciones policóricas para el AFC.

Inicialmente, se partió de la estimación del modelo de dos dimensiones (IU y DP) para luego mejorarlo a partir de los valores de R² y los índices de modificación de cada ítem. Como se observa en la Tabla 3, casi todos los valores de R² fueron superiores a .5, por lo que se consideraron ítems adecuados para explicar el modelo. En cambio, se resolvió que los ítems 21 y 24, con valores de R² cercanos a cero, no tenían capacidad explicativa y fueron eliminados del cuestionario.

TABLA 2. Análisis de Mardia.

	Coeficiente	Estadístico	gl	p
Asimetría	67.269	8711.274	3654	1.000
Asimetría corregida para muestras pequeñas	67.269	8.747.318	3654	1.000
Curtosis	924.526	49.845		.000*

Nota: el nivel de significación considerado es del 5%.

TABLA 3. Modelo original (2 dimensiones).

Variable	Peso factorial	ET	<i>p</i> -valor	R ²
1	.880	.016	0	.774
2	.854	.019	0	.729
3	.783	.017	0	.614
4	.806	.018	0	.649
5	.732	.021	0	.536
6	.818	.018	0	.670
7	.814	.018	0	.663
8	.612	.025	0	.374
9	.719	.021	0	.517
10	.780	.018	0	.609
11	.838	.016	0	.703
12	-.817	.024	0	.668
13	.739	.019	0	.546
14	.858	.015	0	.735
15	.471	.035	0	.222
16	.452	.033	0	.204
17	.692	.029	0	.479
18	.614	.032	0	.377
19	.569	.034	0	.324
20	.653	.031	0	.426
21	-.099	.039	.01	.010
22	.501	.034	0	.251
23	.579	.032	0	.336
24	.131	.041	.001	.017
25	.680	.026	0	.463
26	.510	.032	0	.260
27	.551	.031	0	.303

A partir de los índices de modificación, se observó que el ítem 12 se ajustaba mejor a la dimensión *interés hacia el uso* (IU), por lo que se decidió incluirlo en esta última. El análisis de los índices de modificación mostró la existencia de correlaciones entre los errores de ítems 22 y 23, ítems 7 y 8 e ítems 26 y 27, los cuales fueron incluidos. Como se muestra en la Tabla 4, con los cambios realizados en el modelo de dos dimensiones, se obtuvo una mejora importante, aunque no suficiente, de los valores de ajuste.

A continuación, se testaron varios modelos que respondían a los diferentes supuestos teóricos explorados: unidimensional, 4 dimensiones, 5 dimensiones, 6 dimensiones y modelos de 5 y 6 dimensiones con factores de segundo orden (ver Tablas 1 y 4).

En cuanto al ajuste de estos modelos, se comprobó que los ítems 19 y 22 siempre mostraban valores inadecuados de R^2 y que los índices de modificación señalaban el mismo cambio en el ítem 12. Por este motivo, todos los modelos incluyen dichas modificaciones.

TABLA 4. Comparativa de todos los modelos estudiados.

	χ^2	gl	p	χ^2/gl	RMSEA	RMSEA (p)	CGI	TLI
2 factores (original)	2493	323	0	7.718	.093	0	.837	.822
2 factores	1274.986	271	0	4.705	.069	0	.923	.914
1 factor	3631.954	272	0	13.353	.126	0	.741	.714
4 factores	1208.161	267	0	4.525	.067	0	.927	.918
5 factores	974.259	263	0	3.704	.059	0	.945	.937
5 factores + 2 factores de 2.º orden	1028.209	268	0	3.837	.060	0	.941	.935
6 factores	965.907	258	0	3.744	.059	0	.945	.937
6 factores + 2 factores de 2.º orden	1113.053	267	0	4.169	.064	0	.935	.927

En este punto, conviene destacar que, en todos los modelos, las correlaciones entre los factores se definieron como parámetros libres. Con el objetivo de analizar la validez discriminante del modelo, en la Tabla 4, se muestra una comparativa de los índices de ajuste para los diferentes modelos testados. Los índices de ajuste calculados revelan que la estructura unidimensional del cuestionario debe descartarse. Los valores de χ^2/gl , RMSEA, CFI y TLI no

indican una mejora clara del ajuste cuando pasamos del modelo de 2 dimensiones (IU y DP) al de 4 dimensiones (IU, CU, OA y D). Sin embargo, sí se observa una mejora clara del ajuste al comparar el modelo de 2 dimensiones con el de 5 dimensiones (PU, CEU, CU, OA, D). Con este último, se obtiene un valor de RMSEA muy cercano a .05 y valores de CFI y TLI mayores a .93, lo que indica un ajuste adecuado del modelo. El modelo de 6 dimensiones (PUConc,

PUComp, CEU, CU, OA, D) también ajusta de forma adecuada; la justificación teórica es que los modelos de 5 y 6 dimensiones solo se diferencian en que la dimensión PU se subdivide en PUConc y PUComp. Sin embargo, no se produce una mejora en los índices de ajuste respecto al modelo de 5 dimensiones. Por último, respecto a los modelos de 5 y 6 dimensiones con factores de segundo orden, se produce una pequeña mejora de los índices de ajuste incrementales, pero también empeoran de manera leve los índices de ajuste absolutos, por lo que no se observa una mejora global relevante. Por lo tanto, el análisis de validez discriminante y el principio de parsimonia (Carroll, 1978; Ferrando y Anguiano-Carrasco, 2010) indican que el modelo más sencillo y que ofrece un mejor ajuste a la

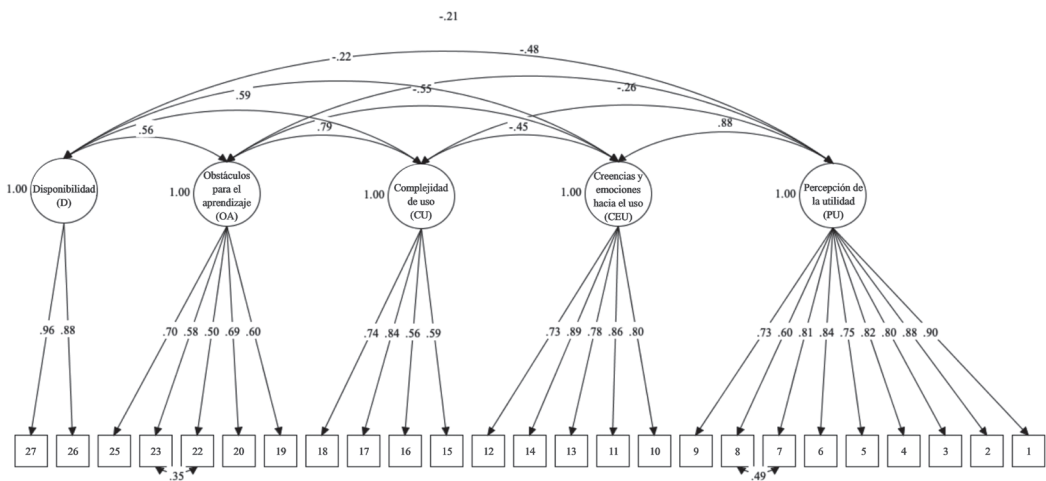
vez que se adecua a los principios teóricos es el modelo de 5 factores: *percepción de la utilidad* (PU), *creencias y emociones hacia el uso de SV* (CEU), *complejidad de uso* (CU), *obstáculos para el aprendizaje* (OA) y *disponibilidad* (D). En este modelo, las dos dimensiones iniciales de IU y DP se han subdividido en dos y tres, respectivamente. De este modo, se obtienen dimensiones más concretas que aportan información valiosa sobre los aspectos que afectan a la actitud del profesorado hacia el uso de simulaciones (Tabla 5). En la figura 1, se muestra el esquema del modelo final de 5 factores del cuestionario CADUSV, en el que se estableció una correlación entre los errores de ítems 7 y 8 e ítems 22 y 23 con base en lo indicado por los índices de modificación del modelo.

TABLA 5. Modelo de 5 factores.

	Peso factorial	ET	p-valor	R ²
Percepción de la utilidad				
Ítem 1	.899	.015	0	.808
Ítem 2	.876	.018	0	.767
Ítem 3	.802	.017	0	.643
Ítem 4	.824	.018	0	.679
Ítem 5	.746	.021	0	.557
Ítem 6	.838	.017	0	.702
Ítem 7	.813	.018	0	.661
Ítem 8	.602	.026	0	.362
Ítem 9	.734	.02	0	.539
Creencias y emociones hacia el uso de simulaciones virtuales				
Ítem 10	.804	.018	0	.646
Ítem 11	.865	.016	0	.748

Ítem 12	.731	.021	0	.534
Ítem 13	.775	.017	0	.601
Ítem 14	.891	.014	0	.794
Complejidad de uso				
Ítem 15	.59	.033	0	.348
Ítem 16	.558	.034	0	.311
Ítem 17	.84	.028	0	.706
Ítem 18	.742	.03	0	.551
Obstáculos para el aprendizaje				
Ítem 19	.6	.033	0	.360
Ítem 20	.692	.032	0	.479
Ítem 22	.5	.035	0	.250
Ítem 23	.58	.033	0	.336
Ítem 25	.701	.029	0	.491
Disponibilidad				
Ítem 26	.876	.021	0	.767
Ítem 27	.956	.022	0	.914

FIGURA 1. Esquema resumen del modelo final de 5 factores.



Para determinar la validez convergente del modelo de 5 factores, es conveniente destacar que las cargas factoriales de todos los ítems son superiores a .5 (Tabla 5). Además, en la Tabla 6, se muestran los resultados de fiabilidad compuesta y varianza media extraída para los diferentes modelos, que confirman que, en términos globales, el modelo de 5 factores es el más satisfacto-

rio. Los factores de PU, CEU y D muestran una fiabilidad omega superior a .9 y una varianza media explicada muy superior a .5. El factor CU revela una fiabilidad omega superior a .7 y una VME muy cercana a .5 (.479). Por último, el factor OA también denota una fiabilidad omega superior a .7, pero una VME en el límite de lo considerado aceptable (.37-.5) según Moral (2019).

TABLA 6. Validez convergente.

Número de factores	Nombre del factor (sigla)	VME	Fiabilidad omega
1 factor	Actitudes hacia el uso (AU)	.385	.734
2 factores	Interés hacia el uso (IU)	.607	.955
	Dificultad percibida (DP)	.335	.854
4 factores	Interés hacia el uso (IU)	.607	.955
	Complejidad de uso (CU)	.478	.781
	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	.384	.754
	Disponibilidad (D)	.840	.913
5 factores	Percepción de la utilidad (PU)	.635	.939
	Creencias y emociones hacia el uso de SV (CEU)	.665	.908
	Complejidad de uso (CU)	.479	.781
	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	.383	.754
	Disponibilidad (D)	.841	.913
	Percepción de la utilidad (PU)	.635	.939
5 factores + 2 factores de 2.º orden	Creencias y emociones hacia el uso de SV (CEU)	.665	.908
	Complejidad de uso (CU)	.479	.782
	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	.385	.754
	Disponibilidad (D)	.840	.913
	F1: interés hacia el uso (IU)	.890	.942
	F2: dificultad percibida (DP)	.666	.851

6 factores	Percepción de la utilidad para el aprendizaje conceptual (PUConc)	.698	.933
	Percepción de la utilidad para el aprendizaje competencial (PUComp)	.618	.827
	Creencias y emociones hacia el uso de SV (CEU)	.665	.908
	Complejidad de uso (CU)	.479	.781
	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	.384	.754
	Disponibilidad (D)	.841	.913
6 factores + 2 factores de 2.º orden	Percepción de la utilidad para el aprendizaje conceptual (PUConc)	.698	.933
	Percepción de la utilidad para el aprendizaje competencial (PUComp)	.711	.827
	Creencias y emociones hacia el uso de SV (CEU)	.664	.908
	Complejidad de uso (CU)	.479	.782
	Obstáculos para el aprendizaje (OA)	.385	.754
	Disponibilidad (D)	.841	.913
	F1: interés hacia el uso (IU)	.859	.948
	F2: dificultad percibida (DP)	.666	.851

4. Discusión y conclusiones

Para profundizar en los aspectos principales que animan o disuaden al docente del uso de simulaciones virtuales, en la presente investigación se ha diseñado y validado un cuestionario específico sobre las creencias y actitudes del profesorado hacia el uso de esta herramienta.

El diseño del cuestionario parte de los principales factores que influyen sobre el uso de las tecnologías, como son la utilidad y la facilidad o complejidad de uso de estas (Davis *et al.*, 1989). Además de estos factores, se han introducido variables descritas como modeladoras de la conducta del docente, tanto en el ámbito del uso general

de las tecnologías (Albirini, 2006; Sahin *et al.*, 2016; Teo, 2008; Teo *et al.*, 2016), como en el uso concreto de las simulaciones virtuales (Lee *et al.*, 2021; Zacharia, 2003).

El cuestionario, compuesto inicialmente por 46 ítems, fue optimizado tras el juicio de expertos y la prueba piloto hasta obtener la composición final de 27 ítems. Tras el AFC desarrollado en este trabajo, que parte de un modelo inicial de dos factores (*interés hacia el uso y dificultad percibida*), se obtiene una escala compuesta por cinco factores: *percepción de la utilidad* (PU), compuesta por 9 ítems; *creencias y emociones hacia el uso de SV* (CEU), formada por 5 ítems; *complejidad de uso* (CU), que incluye

4 ítems; *obstáculos para el aprendizaje* (OA), definida con 5 ítems; y *disponibilidad* (D), que engloba 2 ítems. La división de la dimensión teórica *interés hacia el uso* en dos factores (PU y CEU) se sustenta de manera teórica en la diferenciación entre los aspectos referidos a las creencias del docente respecto a la utilidad de las simulaciones virtuales (Teo, 2008; Teo *et al.*, 2016) y a los aspectos afectivos relacionados con las emociones del docente sobre el uso de las SV, descritos con anterioridad por Albirini (2006) o Lee *et al.* (2021). Respecto a la dimensión teórica *dificultad percibida*, se divide en tres factores (CU, OA y D) porque esta dificultad, como ya apuntaron Lee *et al.* (2021), puede tener diferentes orígenes. Los resultados de este trabajo apuntan a que, al menos, existen tres factores: la complejidad de uso, previamente definida por Teo (2008); la disponibilidad, muy relacionada, con el concepto de accesibilidad estudiado por Hew y Brush (2007); y los obstáculos para el aprendizaje, es decir, las características descritas sobre las simulaciones virtuales y su uso, que pueden desanimar al profesorado. Esta estructura de cinco factores aporta una mayor concreción a la hora de analizar las creencias y actitudes del profesorado hacia el uso de simulaciones virtuales y, con ello, puede ayudar a determinar los factores determinantes que animan o desanimar al profesorado de ciencias hacia el uso de las simulaciones virtuales en sus aulas.

La calidad del cuestionario ha sido probada mediante AFC, obteniendo unos índices de ajuste que prueban la validez discriminante del modelo de 5 factores. La validez convergente ha arrojado valores sa-

tisfactorios para todas las dimensiones excepto para OA, en la que, a pesar de obtener valores de fiabilidad compuesta adecuados, los valores de VME se encuentran en el límite de lo aceptable según Moral (2019), por lo que sería interesante evaluar esta dimensión para mejorar su validez convergente en futuros trabajos. La dimensión *disponibilidad* (D) presenta tan solo dos ítems, por lo que, a pesar de presentar valores de validez adecuados, sería interesante profundizar en su análisis. Consideramos que estas limitaciones del cuestionario provienen del propio diseño teórico de sus ítems. Aunque se han tomado como base los cuestionarios definidos sobre actitudes del profesorado hacia el uso de la tecnología, los escasos trabajos publicados sobre actitudes del profesor hacia el uso concreto de simulaciones virtuales (Lee *et al.*, 2021; Lehtinen *et al.*, 2016; Zacharia, 2003) y la inexistencia de cuestionarios previos en este ámbito han dificultado el diseño de los ítems y dimensiones del cuestionario.

Otra de las limitaciones del estudio responde al tipo de muestreo desarrollado: no probabilístico de tipo casual. Sería interesante poner en práctica este cuestionario con una muestra más amplia y obtenida mediante muestreo probabilístico de cara a confirmar su validez y a su mejora en futuros trabajos.

De manera global, los resultados estadísticos confirman la validez del constructo teórico, por lo que el cuestionario CADUSV se presenta como un instrumento útil y práctico para analizar las actitudes del docente hacia el uso de simulaciones virtuales de áreas STEM. Conocer dicha percepción es fundamental para determinar los factores

principales que alejan al profesorado del uso habitual de este recurso, ya que las percepciones y actitudes hacia las tecnologías influyen directamente en su uso efectivo (Paraskeva *et al.*, 2008). Identificar dichos factores es, además, de gran interés para el diseño de propuestas de formación personalizadas, que tengan en cuenta las creencias y actitudes previas del docente (Gargallo, *et al.*, 2006; Padilla, 2018). Como ya planteaban Lee *et al.* (2021) y Pozuelo *et al.* (2023), es necesario solventar las posibles demandas o dificultades a las que se enfrentan los docentes al usar las simulaciones virtuales para mejorar su actitud y, con ello, aumentar el uso efectivo de esta herramienta en la enseñanza de las ciencias.

Contribuciones de los autores

Alicia Palacios: Análisis formal; Escritura (borrador original); Escritura (revisión y edición); Investigación; Metodología; *Software*.

Rosa Gómez: Análisis formal; Escritura (borrador original); Escritura (revisión y edición); Investigación; Metodología; *Software*.

Álvaro Barreras: Curación de datos; Escritura (borrador original); Escritura (revisión y edición); Investigación; Metodología; *Software*.

Daniel Moreno-Mediavilla: Administración del proyecto; Conceptualización; Investigación; Metodología; Escritura (borrador original); Escritura (revisión y edición).

Financiación

Este estudio ha sido financiado por un proyecto de investigación de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR): Proyecto-Propio UNIR2022.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración del panel de expertos y del profesorado que ha formado parte del estudio.

Referencias bibliográficas

- Albirini, A. (2006). Teachers' attitudes toward information and communication technologies: The case of Syrian EFL teachers [Actitudes de los profesores hacia las tecnologías de la información y la comunicación: el caso de los profesores sirios de EFL]. *Computers & Education*, 47 (4), 373-398. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2004.10.013>
- Amin, D. I., e Ikhsan, J. (2021). Improving higher order thinking skills via semi second life [Mejorar las capacidades de pensamiento de orden superior a través de *semi second life*]. *European Journal of Educational Research*, 10 (1), 261-274. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.1.261>
- Cai, Z., Fan, X., y Du, J. (2017). Gender and attitudes toward technology use: A meta-analysis [Género y actitudes hacia el uso de la tecnología: un metaanálisis]. *Computers & Education*, 105, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.11.003>
- Carroll, J. B. (1978). How shall we study individual differences in cognitive abilities? Methodological and theoretical perspectives [¿Cómo estudiar las diferencias individuales en las capacidades cognitivas? Perspectivas metodológicas y teóricas]. *Intelligence*, 2 (2), 87-115. [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(78\)90002-8](https://doi.org/10.1016/0160-2896(78)90002-8)
- Chan, P., Van Gerven, T., Dubois, J., y Bernaerts, K. (2021). Virtual chemical laboratories: A systematic literature review of research, technologies and instructional design [Laboratorios químicos virtuales: una revisión bibliográfica sistemática de la investigación, las tecnologías y el diseño didáctico]. *Computers and Education*

- Open*, 2, 100053. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100053>
- Chen, S., Chang, W., Lai, C., y Tsai, C. (2014). A comparison of students' approaches to inquiry, conceptual learning, and attitudes in simulation-based and microcomputer-based laboratories [Comparación de los enfoques de indagación, aprendizaje conceptual y actitudes de los estudiantes en laboratorios basados en simulación y en microordenadores]. *Science Education*, 98 (5), 905-935. <https://doi.org/10.1002/sce.21126>
- D'Angelo, C., Rutstein, D., Harris, C., Bernard, R., Borokhovski, E., y Haertel, G. (2014). *Simulations for STEM learning: Systematic review and meta-analysis [Simulaciones para el aprendizaje STEM: revisión sistemática y metaanálisis]*. SRI Education.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., y Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models [Aceptación de la tecnología informática por parte de los usuarios: comparación de dos modelos teóricos]. *Management science*, 35 (8), 982-1003. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>
- De Jong, T., y Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains [Aprendizaje por descubrimiento científico con simulaciones informáticas de dominios conceptuales]. *Review of Educational Research*, 68 (2), 179-201. <https://doi.org/10.3102/00346543068002179>
- de Pro, A., de Pro, C., y Cantó, J. (2022). Cinco problemas en la formación de maestros y maestras para enseñar ciencias en Educación Primaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 97 (36.1), 185-202. <https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92510>
- Durán, M. J., Gallardo, S., Toral, S. L., Martínez-Torres, R., y Barrero, F. J. (2007). A learning methodology using Matlab/Simulink for undergraduate electrical engineering courses attending to learner satisfaction outcomes [Metodología de aprendizaje con Matlab/Simulink para cursos universitarios de ingeniería eléctrica según los resultados de satisfacción del alumno]. *International Journal of Technology and Design Education*, 17 (1), 55-73. <https://doi.org/10.1007/s10798-006-9007-z>
- Fan, X., y Geelan, D. (2013). Enhancing students' scientific literacy in science education using interactive simulations: A critical literature review [Mejora de la alfabetización científica de los estudiantes en la enseñanza de las ciencias mediante simulaciones interactivas: una revisión crítica de la literatura]. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 32 (2), 125-171.
- Ferrando, P. J., y Anguiano-Carrasco, C. (2010). El análisis factorial como técnica de investigación en psicología. *Papeles del Psicólogo*, 31 (1), 18-3. <https://www.papelesdelpsicologo.es/pdf/1793.pdf>
- Gargallo, B., Suárez, J., y Almerich, G. (2006). La influencia de las actitudes de los profesores en el uso de las nuevas tecnologías. **Revista Española de Pedagogía**, 64 (233), 45-66.
- Gómez, R., Palacios, A., Moreno-Mediavilla, D., y Barreras, Á. (2022). Competencias docentes en el uso de simulaciones virtuales STEM: diseño y validación de un instrumento de medida (CDUSV). *Bordón, Revista de Pedagogía*, 74 (4), 85-102.
- Grant, J. S., y Davis, L. L. (1997). Selection and use of content experts for instrument development [Selección y utilización de expertos en contenidos para la elaboración de instrumentos]. *Research in Nursing and Health*, 20 (3), 269-274. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-240X\(199706\)20:3%3C269::AID-NUR9%3E3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-240X(199706)20:3%3C269::AID-NUR9%3E3.0.CO;2-G)
- Green, S. B., y Yang, Y. (2015). Evaluation of dimensionality in the assessment of internal consistency reliability: Coefficient alpha and omega coefficients [Evaluación de la dimensionalidad en la evaluación de la fiabilidad de la consistencia interna: coeficientes alfa y omega]. *Educational Measurement: Issues and Practices*, 34 (4), 14-20. <https://doi.org/10.1111/emip.12100>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., y Anderson, R. E. (2018). *Multivariate data analysis [Análisis multivariante de datos]* (8.ª ed.). Cengage Learning.
- Hew, K. F., y Brush, T. (2007). Integrating technology into K-12 teaching and learning: Current knowledge gaps and recommendations for future research [Integración de la tecnología en la enseñanza y el aprendizaje en la escuela primaria y secundaria: lagunas en los conocimientos actuales y recomendaciones para futuras investigaciones]. *Educational Technology Research and Development*, 55 (3), 223-252. <https://doi.org/10.1007/s11423-006-9022-5>
- Khan, S. (2011). New pedagogies on teaching science with computer simulations [Nuevas pedagogías de la enseñanza de las ciencias con

- simulaciones informáticas]. *Journal of Science Education and Technology*, 20 (3), 215-232. <https://doi.org/10.1007/s10956-010-9247-2>
- Lai, C., Wang, Q., y Lei, J. (2012). What factors predict undergraduate students' use of technology for learning? A case from Hong Kong [¿Qué factores predicen el uso de la tecnología para el aprendizaje por parte de los estudiantes universitarios? Un caso de Hong Kong]. *Computers & Education*, 59 (2), 569-579. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.006>
- Lee, W. C., Neo, W. L., Chen, D. T., y Lin, T. B. (2021). Fostering changes in teacher attitudes toward the use of computer simulations: Flexibility, pedagogy, usability and needs [Fomento de cambios en las actitudes de los profesores hacia el uso de simulaciones por ordenador: flexibilidad, pedagogía, usabilidad y necesidades]. *Education and Information Technologies*, 26 (4), 4905-4923. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10506-2>
- Lehtinen, A., Nieminen, P., y Viiri, J. (2016). Pre-service teachers' TPACK beliefs and attitudes toward simulations [Creencias y actitudes TPACK de los profesores en activo hacia las simulaciones]. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 16 (2), 151-171.
- Lynch, T., y Ghergulescu, I. (2017). Review of virtual labs as the emerging technologies for teaching STEM subjects [Revisión de los laboratorios virtuales como tecnologías emergentes para la enseñanza de materias troncales]. En L. Gómez, A. López, e I. Candel (Eds.), *INTED2017 Proceedings. 11th International Technology, Education and Development Conference. March 6th-8th, 2017 - Valencia, Spain* (pp. 6082-6091). IATED Academy. <https://doi.org/10.21125/inted.2017.1422>
- Mardia, K. V. (1970). Measures of multivariate skewness and kurtosis with applications [Medidas de asimetría y curtosis multivariantes con aplicaciones]. *Biometrika*, 57 (3), 519-530. <https://doi.org/10.2307/2334770>
- Moral, J. (2019). Revisión de los criterios para validez convergente estimada a través de la varianza media extraída. *Psicología*, 13 (2), 25-41. <https://revistas.usb.edu.co/index.php/Psicologia/article/view/4119>
- Moreno-Mediavilla, D., Palacios-Ortega, A., Gómez, R., y Barreras-Peral, A. (2023). Competencia digital docente en el uso de simulaciones virtuales: percepción del profesorado de áreas STEM. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (68), 83-113. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.98768>
- Nunes, P. S., Nascimento, M. M., Catarino, P., y Martins, P. (2020). Factores que influyen o uso de *software* educativo no ensino de matemática [Factores que influyen en el uso de programas informáticos educativos en la enseñanza de las matemáticas]. *REICE. Revista Iberoamericana Sobre Calidad, Eficacia y Cambio En Educación*, 18 (3), 113-129. <https://doi.org/10.15366/reice2020.18.3.006>
- Oliveira, A., Feyzi, R., Behnagh, Ni, L., Mohsinah, A., Burguess, K., y Guo, L. (2019). Emerging technologies as pedagogical tools for teaching and learning science: A literature review [Las tecnologías emergentes como herramientas pedagógicas para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: una revisión bibliográfica]. *Human behaviour and Emerging Technology*, 1 (2), 149-160. <https://doi.org/10.1002/hbe2.141>
- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change [Enseñanza de prácticas científicas: afrontar el reto del cambio]. *Journal of Science Teacher Education*, 25 (2), 177-196. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>
- Padilla, S. (2018). Usos y actitudes de los formadores de docentes ante las TIC. Entre lo recomendable y la realidad de las aulas. *Apertura*, 10 (1), 132-148. <https://doi.org/10.32870/ap.v10n1.1107>
- Paraskeva, F., Bouta, H., y Papagianni, A. (2008). Individual characteristics and computer self-efficacy in secondary education teachers to integrate technology in educational practice [Características individuales y autoeficacia informática en profesores de educación secundaria para integrar la tecnología en la práctica educativa]. *Computers y Education*, 50 (3), 1084-1091. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2006.10.006>
- Plass, J. L., Milne, C., Homer, B. D., Schwartz, R. N., Hayward, E. O., Jordan, T., Verkuilen, J., Ng, F., Wang, Y., y Barrientos, J. (2012). Investigating the effectiveness of computer simulations for chemistry learning [Investigación de la eficacia de las simulaciones por ordenador para el aprendizaje de la química]. *Journal of Research in Science Teaching*, 49 (3), 394-419. <https://doi.org/10.1002/tea.21008>
- Pozuelo, J., Martín, J., Carrasquer, B., y Cascarosa, E. (2023). Percepciones del profesorado ante el

- uso de simuladores virtuales en el aula de ciencias. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado. Continuación de la Antigua Revista de Escuelas Normales*, 98 (37.2).
- Rutten, N., Van Joolingen, W. R., y Van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education [Los efectos de aprendizaje de las simulaciones por ordenador en la enseñanza de las ciencias]. *Computers and Education*, 58 (1), 136-153. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>
- Sahin, A., Top, N., y Delen, E. (2016). Teachers' first-year experience with chromebook laptops and their attitudes towards technology integration [La experiencia del primer año de los profesores con los portátiles Chromebook y sus actitudes hacia la integración de la tecnología]. *Technology, knowledge, and learning*, 21 (3), 361-378. <https://doi.org/10.1007/s10758-016-9277-9>
- Shapka, J. D., y Ferrari, M. (2003). Computer-related attitudes and actions of teacher candidates [Actitudes y acciones relacionadas con la informática de los candidatos a profesores]. *Computers in Human Behavior*, 19 (3), 319-334. [https://doi.org/10.1016/S0747-5632\(02\)00059-6](https://doi.org/10.1016/S0747-5632(02)00059-6)
- Stieff, M. (2019). Improving learning outcomes in secondary chemistry with visualization-supported inquiry activities [Mejora de los resultados del aprendizaje de la química en secundaria con actividades de indagación apoyadas en la visualización]. *Journal of Chemical Education*, 96 (7), 1300-1307. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00205>
- Tate, M., Evermann, J., y Gable, G. (2015). An integrated framework for theories of individual attitudes toward technology [Un marco integrado para las teorías de las actitudes individuales hacia la tecnología]. *Information y Management*, 52 (6), 710-727. <https://doi.org/10.1016/j.im.2015.06.005>
- Teo, T. (2008). Pre-service teachers' attitudes towards computer use: A Singapore survey [Actitudes de los profesores en formación hacia el uso del ordenador: una encuesta en Singapur]. *Australasian Journal of Educational Technology*, 24 (4), 413-424. <https://doi.org/10.14742/ajet.1201>
- Teo, T. (2012). Examining the intention to use technology among pre-service teachers: An integration of the technology acceptance model (TAM) and theory of planned behavior (TPB) [Examinar la intención de utilizar la tecnología entre los profesores en formación: Una integración del modelo de aceptación de la tecnología (TAM) y de la teoría de la conducta planeada (TPB)]. *Interactive Learning Environments*, 20 (1), 3-18. <https://doi.org/10.1080/10494821003714632>
- Teo, T., Milutinović, V., y Zhou, M. (2016). Modeling Serbian pre-service teachers' attitudes towards computer use: A SEM and MIMIC approach [Modelización de las actitudes de los profesores serbios en formación hacia el uso del ordenador: un enfoque SEM y MIMIC]. *Computers y Education*, 94, 77-88. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.10.022>
- Trujillo, W., Curo, L., Paredes, L., y Carbajal, K. (2023). Eficiencia de los simuladores virtuales en la competencia de indagación para el aprendizaje de física elemental. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 25 (2), 459-476.
- Waight, N., Liu, X., Gregorius, R. M., Smith, E., y Park M. (2014) Teacher conceptions and approaches associated with an immersive instructional implementation of computer-based models and assessment in a secondary chemistry classroom [Concepciones del profesorado y enfoques asociados a una implementación instruccional inmersiva de modelos y evaluación basados en ordenador en un aula de química de secundaria]. *International Journal of Science Education*, 36 (3), 467-505, <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.787506>
- Wen, C., Liu, C., Chang, H., Chang, C., Chang, M., Chiang, S. F., Yang, C., y Hwang, F. (2020). Students' guided inquiry with simulation and its relation to school science achievement and scientific literacy [La indagación guiada de los alumnos con simulación y su relación con el rendimiento escolar en ciencias y la alfabetización científica]. *Computers y Education*, 149. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103830>
- Wong, K. T., Teo, T. y Russo, S. (2012). Influence of gender and computer teaching efficacy on computer acceptance among Malaysian student teachers: An extended Technology Acceptance Model (TAM) [Influencia del género y de la eficacia de la enseñanza de la informática en la aceptación del ordenador entre los estudiantes de magisterio malasios: un modelo ampliado de aceptación de la tecnología (TAM)]. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28 (7), 1190-120. <https://doi.org/10.14742/ajet.796>

- Wu, H. K., y Huang, Y. L. (2007). Ninth-grade student engagement in teacher-centered and student-centered technology-enhanced learning environments [Participación de los alumnos de noveno curso en entornos de aprendizaje tecnológico centrados en el profesor y en el alumno]. *Science Education*, 91(5), 727-749. <https://doi.org/10.1002/sce.20216>
- Xia, Y., y Yang, Y. (2019). RMSEA, CFI, and TLI in structural equation modeling with ordered categorical data: The story they tell depends on the estimation methods [RMSEA, CFI y TLI en modelos de ecuaciones estructurales con datos categóricos ordenados: la historia que cuentan depende de los métodos de estimación]. *Behavior Research Method*, 51, 409-428. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-1055-2>
- Zacharia, Z. (2003). Beliefs, attitudes, and intentions of science teachers regarding the educational use of computer simulations and inquiry-based experiments in physics [Creencias, actitudes e intenciones de los profesores de ciencias respecto al uso educativo de las simulaciones por ordenador y los experimentos basados en la indagación en física]. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 40 (8), 792-823. <https://doi.org/10.1002/tea.10112>

Biografías de los autores

Alicia Palacios. Doctora en Bioquímica y Biología Molecular por la Universidad Complutense de Madrid. Acreditada como profesora contratada doctora por ANECA. Directora académica del Máster en Didáctica de la Física y la Química en UNIR y profesora de Didáctica de las Ciencias Experimentales en la Facultad de Educación. Amplia experiencia en el desarrollo de proyectos de innovación didáctica. Profesora de ciencias en educación secundaria y redactora en la editorial Edebé. Su actividad investigadora se centra en el estudio de metodologías y recursos didácticos que fomentan el aprendizaje activo y contextualizado de las ciencias. Forma parte del grupo de in-

vestigación «Didáctica de las matemáticas y de las ciencias experimentales» (DIMACE).

 <https://orcid.org/0000-0002-7906-1417>

Rosa Gómez. Doctora en Investigación en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas por la Universidad de Extremadura. Profesora e investigadora de la Facultad de Educación de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR) desde 2017. Miembro del grupo de investigación «Didáctica de las matemáticas y de las ciencias experimentales» (DIMACE).

 <https://orcid.org/0000-0001-5861-9429>

Álvaro Barreras. Doctor en Matemáticas. Profesor de Matemáticas (Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza, 2014-2016). Profesor de Didáctica de las Matemáticas (UNIR, 2016-actualidad). Director académico de dos másteres en Didáctica de las Matemáticas. Investigador principal del grupo de investigación de UNIR «Didáctica de las matemáticas y de las ciencias experimentales» (DIMACE).

 <https://orcid.org/0000-0001-5325-8505>

Daniel Moreno-Mediavilla. Profesor de la Facultad de Educación de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR). Miembro del grupo de investigación «Didáctica de las matemáticas y de las ciencias experimentales» (DIMACE). Doctor en Química por la Universidad de Burgos. Más de 20 artículos publicados dentro de JCR y Scopus, y autor de una patente.

 <https://orcid.org/0000-0002-5633-2376>

