

CONCEPCIONES SOBRE RECURSOS EDUCATIVOS ABIERTOS: ESTUDIO REALIZADO CON PROFESORES DE FÍSICA EN FACULTADES DE INGENIERÍA

CONCEPTIONS ABOUT OPEN EDUCATIONAL RESOURCES: STUDY CARRIED OUT WITH PHYSICS TEACHERS IN ENGINEERING FACULTIES

Oscar Jardey Suarez¹
Adela Molina-Andrade²
Edier Hernán Bustos-Velazco³

Resumen

El objetivo de este documento es reportar las concepciones encontradas en los profesores de física que trabajan en Facultades de Ingeniería, en Bogotá-Colombia, sobre los Recursos Educativos Abiertos (REA). Epistemológicamente las concepciones se estudian desde el enfoque de “teorías implícitas” y las correspondientes implicaciones teórico-metodológicas. La investigación es cuantitativa, se apoya en la técnica de Análisis Componentes Principales (ACP). Participaron 90 profesores. El instrumento, diseñado y validado, se compone de 64 afirmaciones agrupadas en 4 categorías a priori (instrumento, técnico-tecnológico, Ambiente de aprendizaje-conocimiento escolar y sociocientífica). Los resultados arrojan un alfa global de Cronbach de 0,870. Después de verificar los supuestos de ACP ($KMO=0,708$, $\chi^2=856,150$, $gl=231$ y $sig.=0,000$) se develan 8 concepciones subyacentes que explican el 75,763% de la varianza. Una de las conclusiones señala que la incorporación de los REA en la docencia de la física requiere que ella sea considerada desde una perspectiva epistemológica.

Palabras Claves: Concepciones del profesor, tecnologías de la información y la comunicación, enseñanza de la física, enseñanza de las ciencias, formación de profesores, educación superior.

Abstract

The objective of this document is to report the conceptions found in physics professors who work in Engineering Faculties, in Bogotá-Colombia, about Open Educational Resources (OER). Epistemologically, the conceptions are studied from the approach of "implicit theories" and the corresponding theoretical-methodological implications. The research is quantitative, it is supported by the Principal Component Analysis (PCA) technique. 90 teachers participated. The instrument, designed and validated, is made up of 64 statements grouped into 4 a priori categories (instrument, technical-technological, Learning environment - school and socio-scientific knowledge). The results show a global Cronbach's alpha of 0.870. After verifying the ACP assumptions ($KMO = 0.708$, $\chi^2 = 856.150$, $gl = 231$ and $sig. = 0.000$) 8 underlying conceptions are revealed that

Recepción: Julio de 2021 / Evaluación: Agosto 2021 / Aprobado: Septiembre 2021

¹ Magister en Teleinformática. Doctor en Educación, énfasis enseñanza de las ciencias. Doctor en Ciencias en Física Educativa. Docente en la Universidad Autónoma de Colombia. Email: oscar.jardey.suarez@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8780-595X>

² Magister en Docencia. Doctora en Educación. Docente en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Email: adela@udistrital.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6802-5533>

³ Magister en Docencia de las Matemáticas. Doctor en Educación, énfasis enseñanza de las ciencias. Docente en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Email: ehbustosv@udistrital.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0072-8598>

explain 75.763% of the variance. One of the conclusions points out that the incorporation of OER in the teaching of physics requires that it be considered from an epistemological perspective.

Keywords: Teacher conceptions, information and communication technologies, physics education, science education, teacher training, higher education.

Introducción

Aproximarse a comprender los elementos estructurales que subyacen a la enseñanza de la física, así como el aprendizaje de la física, pasa por estudiar las concepciones de profesores y estudiantes, desde las que es posible proponer, en contexto, transformaciones orientadas a mejorar dichos procesos (Marín, 2010; Viennot, 1979). Desde una perspectiva se identifican las concepciones como “ideas equivocadas o erróneas” de los estudiantes, desde algunas otras posturas se consideran como obstáculos epistemológicos (Perafán, 2015; Zamora, 2002); como es el caso estudiado por Prihandhika et al. (2020), quienes señalan que la falta de claridad en el concepto de función, resulta ser un obstáculo epistemológico para el aprendizaje del concepto básico de las derivadas. Otras investigaciones han encontrado que las ideas equivocadas o errores de los estudiantes, tienen su origen en las concepciones que éstos tienen frente a los temas a estudiar, a tal punto que están tan arraigadas que difícilmente pueden ser removidas o transformadas al pasar por el sistema educativo formal (Barral, 1990; Briceño-Martínez & Benarroch-Benarroch, 2013; McComas, 1997; Odom & Barrow, 1995).

En la educación superior, para los profesores, es de mayor relevancia considerar los contenidos en el proceso de enseñanza aprendizaje (De-La-Cruz et al., 2000); específicamente en la enseñanza de la física para ingenieros, se ha encontrado que la matemática, desde el punto de vista epistemológico, es la mediación privilegiada por los profesores para su aprendizaje. (Suárez, 2016b), Contreras-Peréz y Zuñiga-González (2019), establecen una concepción denominada “*corrección de la tarea*”, la cual entienden como aquella en la que se comunica a los estudiantes sus aciertos, pero haciendo relevante sus errores en relación con los contenidos de las asignaturas. La evaluación de los contenidos se posiciona como una actividad relevante en la formación, lo que para Flórez-Nisperuza, et al (2018), se trata de una oportunidad para que profesores y estudiantes reflexionen sobre las debilidades y las fortalezas, de tal forma que la evaluación pase de ser un instrumento a una mediación en el aprendizaje.

Los textos y el lenguaje propio de la física se han identificado como fuentes de error en su enseñanza y aprendizaje (Carrascosa-Alís, 2005; Viennot, 1979). Al respecto, al considerar al libro como un medio y mediación para las diversas actividades del acto educativo, o como fuente de consulta y estudio por parte de los estudiantes, se ha establecido la necesidad de su revisión encontrando en ellos variedad de errores: valor numérico, datos numéricos contradictorios, situacionales, de modelación y conceptuales (Slisko, 2000), hechos que han contribuido a avanzar en la comprensión del error, para convertirlo en una oportunidad de aprendizaje (Vizcarra-Parra & Gómez-Santos, 2016), así como parte de una estrategia didáctica (Messina et al., 2018).

El aprendizaje de los estudiantes, en física o matemáticas, que se fundamenta en errores, ya sean de origen didáctico o epistemológico (Bastién-Montoya et al., 2010), se va consolidando en el acervo cognitivo, con lo que los estudiantes van avanzando en el sistema educativo, lo cual a su vez se va convirtiendo en un obstáculo, afectando su desempeño en pruebas (Gamboa-Araya et al., 2019). El lenguaje propio de la física, como una mediación epistemológica, conceptual, así como didáctica, se constituye en un eje estructural que lleva a considerar todos los elementos constituyentes del acto educativo, entre los que está el libro, las prácticas de comunicación, espacios de discusión, reflexión, entre otros (Montiel et al., 2009; Vilanova et al., 2011).

La concepción discutida en diversos ámbitos se refiere a si el uso de las Tecnologías de la Información en la Comunicación (TIC) tiene una relación directa en la obtención de mejores calificaciones por parte de los estudiantes; al respecto Nalda, et al, (2016) establecen que las “...*tic, per se, no tiene un efecto claro sobre el rendimiento académico...*”. En el contexto propio del aprendizaje de las ciencias, Briceño-Martínez, et al (2013), concretan dos posturas: una primera entendida como un proceso cognitivo basado en interacciones “...*físicas, vicarias y simbólicas...*” directamente asociadas a lo que sería un científico novel; y una segunda como resultado propio de la experiencia lógica y organizada adquirida con la edad, con enseñar y aprender bien. En el caso particular de la física se observa en la postura de un profesor según la cual el aprendizaje de la física es acumulativo, acabado y coherente con fundamento en la matemática (Milicic et al., 2004). Es decir, la matemática es considerada como una herramienta necesaria para el aprendizaje de la física (Suárez, 2016a). Dicho lo anterior, del lado del profesor, se percibe como las TIC tienen un potencial para la enseñanza de las ciencias, siempre y cuando haya una adecuada formación docente, una política institucional, en general las condiciones necesarias; en el caso de los estudiantes privilegian aún las “...*explicaciones del profesor...*” (Nalda & Trens, 2016) dejando el uso de las TIC como un recurso adicional a éstas.

Los Recursos Educativos Abiertos (REA), parte de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, inicialmente concebidos con un enorme potencial para apoyar la transformación educativa dado que no es necesario pagar para utilizarlos en los diversos actos educativos (Butcher, 2015), emergen como una posibilidad para dinamizar la incorporación de las TIC en los diversos procesos de enseñanza, en particular de la enseñanza de la física. La idea de incorporar las TIC, en particular los REA, como un elemento mediador en la enseñanza de la física, requiere estudiar el conocimiento previo que los profesores tienen de lo que es enseñar física desde lo disciplinar, pedagógico, didáctico entre otros, para establecer de qué forma podrían presentar conflicto, o constituirse en un obstáculo cuando se incorporan los REA en los procesos educativos de esta disciplina.

La enseñanza de la física, guarda una dependencia con la comunidad académica de destino (Físicos, Matemáticos, Licenciados, Ingenieros, ...), en este caso está orientada a los profesores que enseñan física en las Facultades de Ingeniería, en tal sentido se aborda la pregunta *¿Cuáles son las concepciones, vistas como artefactos culturales, que subyacen en los profesores que enseñan física para ingenieros en la ciudad de Bogotá-Colombia?*

Fundamentos Teóricos

Las categorías que de forma relevante constituyen el campo desde donde se aborda la pregunta, se discuten en forma sucinta a continuación.

Recursos Educativos Abiertos

El abundante conocimiento que se ha venido construyendo alrededor de las TIC, se puede considerar como un campo emergente de conocimiento orientado de la educación en general y en particular en la enseñanza de las ciencias. La idea de los REA, como una expresión de las TIC, se propone a inicio de la década del 2000 en el Foro Mundial de la UNESCO, con el propósito de mejorar la calidad de la educación, dado que éstos se conciben de forma gratuita, con la posibilidad de ser reutilizados, transformados, adaptados para la enseñanza, el aprendizaje o la investigación (Butcher, 2015; Sumner et al., 2010). Es preciso señalar que la noción de REA surge posteriormente a la de objeto de aprendizaje entendido como “...*cualquier objeto digital que pueda ser reusado...*” (Advanced Distributed Learning (ADL), 2006), cuyo origen al parecer se da en el campo de la ingeniería de software (Suárez, 2015).

Artefacto cultural

Entrar al debate, tratando de evitando el reduccionismo de la noción de artefacto cultural, implica una necesaria reflexión necesaria en torno a la cultura. De las múltiples ideas alrededor de la cultura, la que resulta conveniente para la presente investigación, es la que propone Geertz desde *...un concepto semiótico. Creyendo con Max Weber que el hombre es un animal inserto en tramas de significación que él mismo ha tejido, considero que la cultura es esa urdimbre y que el análisis de la cultura ha de ser por lo tanto, no una ciencia experimental en busca de leyes, sino una ciencia interpretativa en busca de significaciones...* (2003, p. 20).

Desde una perspectiva semiótica de la cultura, es posible aproximarse a considerar la “cultura del matemático”, “cultura del físico”, “cultura del ingeniero” y así sucesivamente (Becher & Trowler, 2001). En este sentido, considerar la cultura del físico como una idea cargada de símbolos, materiales o inmateriales que configuran una trama de significación local propia del grupo social de personas que estudian la física. Lo anterior, quizá se puede ejemplificar con el significado de la letra lambda (λ), para el caso de la física puede ser interpretado en diferentes formas: con una longitud de onda (en estudio de las ondas), con una densidad de carga eléctrica lineal (electrostática), entre otras. Los anteriores significados los interpreta adecuadamente el físico en los diferentes contextos, es decir, es el físico quien le da significado y sentido al símbolo cuando está en un contexto específico.

La noción de Artefacto Cultural (AC) parte de la premisa que éstos tienen una connotación material e ideal (Cole, 2003), que hace parte de la tramas de significación que se tejen al interior de una cultura, en palabras de Wartofsky los AC son “...objetivaciones de las necesidades e intenciones humanas ya investidas con contenido cognitivo y afectivo...” (1979, p. 117).

Para Cole (2003) los AC se pueden organizar en tres niveles: primer nivel o primario (directamente relacionados con la producción y modos de acción) como las herramientas, en este caso los elementos de laboratorio podrían ser un buen ejemplo; segundo nivel o secundario (representaciones de los AC de primer nivel y sus modos de acción) se pueden incluir en este nivel los procedimientos y reglas que orientan dichas acciones; tercer nivel o terciario (son artefactos que pueden llegar a construir nuevos mundos, es decir, pueden afectar la manera en cómo se percibe la realidad) este sería el caso de las teorías.

Los AC, inmersos en una cultura como la de los físicos, se constituyen en símbolos que tienen un significado y una intencionalidad dirigida a mediar en el mantenimiento o evolución propia de esta cultura. Es el caso de la actividad experimental, que para los físicos es un símbolo que tiene un significado propio en la construcción, reconstrucción o validación de conceptos, implica artefactos culturales presentes en los experimentos (instrumentos, reglas y normas y teorías) y que llevados al ámbito formativo de quienes estudian física, se constituyen en mediadores de los conceptos objeto de estudio. Resulta aquí conveniente mencionar que el experimento, inicialmente propuesto por Galileo para ver la proporcionalidad directa entre la rapidez y el tiempo (Álvarez & Posadas, 2003), en concreto el método científico, se adoptó en la cultura de los físicos como método para validar conceptos que se construyen desde la física teórica. Así las cosas, los AC que configuran el “experimento” o actividad experimental que hace parte de la “cultura de los físicos” se transpone como una práctica de comunicación de una comunidad académica que hace inmersión en la “cultura de los físicos” o que interactúa con éstos, como es el caso de la “cultura de los ingenieros” cuando estudian la física; así las cosas en los procesos de enseñanza que realizan los profesores entran en acción todos estos artefactos y se constituyen en mediadores del aprendizaje de los futuros ingenieros.

Concepciones

Viennot (1979), plantea la necesidad de comprender los razonamientos espontáneos de los estudiantes cuando enfrentan situaciones de la dinámica; razonamientos que parten de una “física intuitiva” que han construido en el tiempo, a través de las interacciones con la naturaleza y su entorno. Esta “física intuitiva” se constituye en un obstáculo para la enseñanza de la física, entendiendo que está profundamente arraigada en el sistema cognitivo del estudiante. Al estudiar por qué flotan los cuerpos, Barral (1990) se aproxima a develar cuáles son las particularidades de la “física intuitiva” de los estudiantes para explicarlo, de forma que las extrapola y potencia para la enseñanza de este tema particular de la física.

La “física intuitiva” podría comprenderse como el resultado de todas las ideas, pre concepciones, comportamientos, interacciones con la naturaleza, interacción social, origen cultural (Molina et al., 2014; Molina & Utges, 2012), y en general todo ese acumulado propio del aprendizaje en las diversas interacciones. Cuando todo este cúmulo de saber cotidiano se configura como concepciones de física, obstaculizan su aprendizaje. En ese mismo sentido, los profesores también podrían tener algunas concepciones que pueden entrar a entenderse como un obstáculo para la enseñanza o aprendizaje de las ciencias (Fernández et al., 2002; Gil-Pérez et al., 2005).

Lo relevante, que ha llevado a estudiar ampliamente las concepciones, podría estar en develar aquellos elementos necesarios para dinamizar y promover transformaciones en diferentes aspectos del acto educativo, como el reiterado tema complejo de “la evaluación” (Avila et al., 2020; Flórez-Nisperuza et al., 2018; Jara-Henríquez & Jara-Coatt, 2018).

Metodología

La investigación global tuvo un enfoque basado en las teorías implícitas de Rodrigo, et al. (1993), las cuales se entienden como el resultado de la interacción social y cultural recurrente de las personas en un grupo social, éstas se constituyen en representante de ese grupo social y cultural, pues en su sistema cognitivo habitan los símbolos y significados como parte del locus de lo que se denomina teorías implícitas (Rodrigo et al., 1993).

La primera parte de la investigación, de enfoque cualitativo, permitió establecer las categorías a priori, los referentes para la formulación de las afirmaciones en el contexto propio de los docentes y el resumen, consolidar la etapa previa que se reporta en el presente artículo y cuyo tratamiento es cuantitativo (Hernández-Sampieri et al., 2014; McMillan & Schumacher, 2005).

Para determinar las concepciones subyacentes a los profesores de física que trabajan en la facultades de ingeniería, se utilizó la técnica de Análisis de Componentes Principales (ACP) la cual es “...un procedimiento matemático que transforma un conjunto de variables correlacionadas de respuesta en un conjunto menor de variables no correlacionadas llamadas componentes principales...” (Dallas, 1998). Investigaciones anteriores, con enfoque en las teorías implícitas, han utilizado ACP como técnica para reducir las variables y aproximarse a determinar las concepciones (Bustos, 2017; Garrido & Saurin, 2014; Jiménez-Llanos, 2005; Molina et al., 2014; Palou & Utges, 2012).

Participantes

Los profesores que voluntariamente decidieron participar son 89. La tabla 1 muestra la distribución de los profesores por experiencia y tipo de institución en la que labora. Para establecer los docentes participantes de la investigación se tuvieron los siguientes criterios: 1) voluntad para participar, 2) docente activo que enseñe física en la facultad de ingeniería.

Tabla 1. Distribución de los docentes que participan de la investigación.

Tipo de institución en la que labora	Años de experiencia					Total	%
	menor a 6	entre 6 y 10	entre 11 y 15	menor a 5	más de 20		
Privada	13	11	1	2	7	34	38
Pública	25	10	0	9	4	48	54
Pública y privada	2	0	0	1	4	7	8
Subtotal	40	21	1	12	15	89	100

Fuente. Los autores.

En la tabla 2 se encuentra la distribución de los profesores, según estudios pos graduales y área de estos estudios. Se encuentra que tres profesores han hecho estancia posdoctoral (es preciso aclarar que el posdoctorado en Colombia no es considerado un estudio a nivel formal), 14 han hecho su doctorado, la mayoría de los profesores tiene nivel de maestría y el área que privilegian para sus estudios pos graduales es la física.

Tabla 2. Distribución de los docentes por último nivel de posgrado terminado y área de estudio.

Nivel del último posgrado terminado	Área del último posgrado				Total	%
	Educación	Física	Ingeniería	Otra		
Posdoctorado	0	3	0	0	3	3
Doctorado	6	8	2	0	14	18
Maestría	18	28	4	4	54	61
Especialización	2	4	0	3	9	10
Ninguno	3	2	0	2	7	8
Total	29	45	6	9	89	100

Fuente. Los autores.

Instrumento

El cuestionario fue elaborado y validado por estamentos Cisterna-Cabrera (2005) y consta de 64 afirmaciones, cada una de las cuales se obtuvo de la etapa cualitativa y se ajusta a cada una de las categorías que están en la tabla 3. Los enunciados se ajustan al tipo de pregunta cuya respuesta se da en escala Likert (1932). Las respuestas se clasifican entre 1 (totalmente en desacuerdo) y 7 (totalmente de acuerdo), de forma que las variables pueden tratarse en forma continua, cómo se han utilizado en otras investigaciones (López-Vargas et al., 2012, 2013; López et al., 2014).

A nivel de contenido, la validez del instrumento se realizó a través de pares y expertos, a quienes se les envió el protocolo con los enunciados y partir de criterios como economía del enunciado, validez de la contra afirmación, coherencia del enunciado con la categoría a medir y aquellas que consideraran pertinentes, analizaron y ajustaron acorde al propósito de la investigación. Desde el punto de vista estadístico, el proceso seguido para la validez a nivel de fiabilidad fue a través de pilotaje con profesores, tomando como base el coeficiente de fiabilidad alfa de Cronbach, de tal forma que se revisaron dichos coeficientes, eliminando el elemento del instrumento, cuando una afirmación provocaba cambios sustanciales sobre el alfa Cronbach. Posteriormente se procedió a realizar los ajustes semánticos sin cambiar el objeto de la medida. Lo anterior se hizo en forma recurrente hasta lograr, en la prueba piloto, un alfa de Cronbach aceptable para la investigación, arriba de 0,700.

Tabla 3. Categorías del test para determinar las concepciones de los profesores de física.

Categorías	Artefacto cultural	Técnico-tecnológico	Ambiente de aprendizaje - conocimiento escolar	Socio científico
Subcategorías	Mediación	Funcionamiento	Digital	La ciencia mediada por la tecnología
	Material - ideal	Naturalización	Intención	Comercialización
	Niveles de artefacto	Eficiencia	Aprendizaje situado	Política
		Desprovisto de una epistemología destino	Cognición	Interacción
		Diseño	Evaluación	
		Calidad de vida	Granular	
		Aplicación	Reutilización	

Fuente. Suárez (2017).

Resultados

Este segmento está organizado en dos partes: la primera dedicada al instrumento y sus resultados de acuerdo con las categorías a priori y la segunda, organizado acorde con las concepciones emergentes de los profesores que enseñan física en la facultad de ingeniería.

Las categorías a priori

El instrumento con sus 64 afirmaciones, aplicado a los 89 profesores activos, obtiene un alfa de Cronbach de 0,830 (estandarizado de 0,835), lo que resulta ser catalogado como bueno (Frías-Navarro, 2020; González & Pazmiño, 2015).

Tabla 4. Fiabilidad global y por categoría del instrumento utilizado.

Alfa de Cronbach [Alfa de Cronbach basado en elementos estandarizados]	Categoría	Afirmaciones	Alfa de Cronbach [Alfa de Cronbach basado en elementos estandarizados]
0,830 [0,835]	Artefacto cultural	1, 2, 3,3, 5, 6, 7, 8, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39,40.	0,602 [0,610]
	Técnico tecnológico	9,10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48.	0,586 [0,615]
	Ambiente de aprendizaje - conocimiento escolar	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56.	0,490 [0,499]
	Socio científico	25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64.	0,482 [487]

Fuente. Los autores.

El alfa de Cronbach por categoría es menor al global, quizá porque cada afirmación tiene una contra afirmación, en la tabla 4 están los índices de fiabilidad por categoría . Estos datos se recalculan en las concepciones emergentes de los profesores en la siguiente subsección.

Las concepciones emergentes

Se aplicó la técnica ACP con el método de rotación Varimax con normalización Kaiser; la rotación se ha convertido en 7 interacciones, teniéndose 8 nuevas variables que explican el

75.763% de la varianza, superior al 70% del valor esperado para el estudio. Los supuestos de la prueba KMO y Barlet resultaron adecuados. En la figura 1 se identifican los resultados de las 8 concepciones subyacentes a los profesores de física.

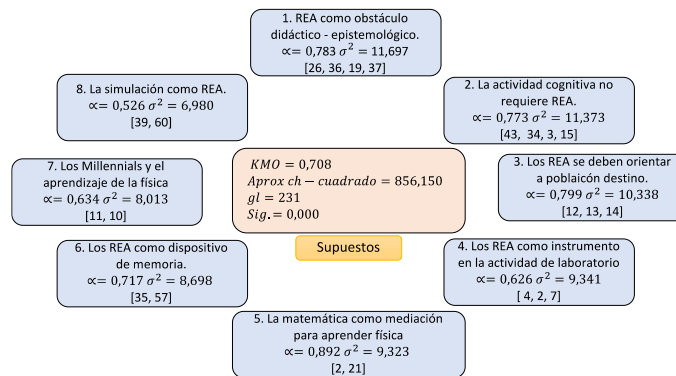


Figura 1. Concepciones subyacentes de los profesores de física que trabajan en las Facultades de Ingeniería en Bogotá Colombia (Alfa de Cronbach [α], Varianza explicada [σ^2], afirmaciones que la componen).

Fuente. Los autores.

Verificados los supuestos del método ACP, se identificaron 8 concepciones estadísticamente independientes, lo anterior porque en la técnica ACP, las variables obtenidas son ortogonales entre sí. De otro lado, el análisis de fiabilidad, con el alfa de Cronbach, ratifica que las concepciones subyacentes (1, 2, 3, 4, 6, 7 y 8) se agrupan de forma aceptable, en tanto que la concepción 5 tiene una agrupación entre bueno y excelente. La normalidad en cada uno de los ítems se garantizó al inicio de la aplicación de la prueba en SPSS 25.0 ®.

En la tabla 5 se encuentran los estadísticos descriptivos de todas las afirmaciones, que finalmente se agruparon en cada una de las concepciones, después de aplicar la técnica ACP. El mayor factor de extracción lo tiene la afirmación 60 con un valor de 0,867 y el de menor valor de extracción 0,536 correspondiente a la afirmación 15. Asimismo, la concepción con mayor acuerdo es la número 3 (Los REA se deben orientar a población destino) con una medida de 5,22, en comparación con la concepción de menor acuerdo asignado a la afirmación número 6 (Los REA como dispositivo de memoria), con un valor de 2,89.

Dicho lo anterior, la interpretación de cada una de las concepciones resulta plausible hacerlas por separado, toda vez que está soportada de forma adecuada, estadísticamente hablando.

Tabla 5. Estadísticos descriptivos (Media, Desviación y varianza) y coeficiente de extracción de cada ítem que se agrupó en las diferentes concepciones.

Concepción	Afirmación	Coef. Extra	Med.	Desv.	Var.
1. REA como obstáculo didáctico – epistemológico. $\bar{x} = 3,64$	26. Entiendo que la física requiere un formalismo para su estudio, la mediación de las Tic es irrelevante.	0,861	3,71	1,720	2,959
	36. Creo que los experimentos se deben hacer en el laboratorio de física, la virtualidad aún no es fiel a la realidad.	0,681	4,36	1,632	2,665
	19. Considero que enseñar física debe centrarse en hacer entender los modelos físicos, el uso del computador es irrelevante.	0,655	3,38	1,556	2,421
	37. Considero que las Tic son un obstáculo para entender modelos físicos, éstas disminuyen los esfuerzos cognitivos necesarios.	0,615	3,12	1,601	2,564

2. La actividad cognitiva no requiere REA. $\bar{x} = 4,58$	43. Estoy seguro que la elaboración de actividades escritas movilizan cognitivamente a los estudiantes en el pensamiento físico.	0,843	5,04	1,177	1,384
	34. Creo que el registro manual de datos de laboratorio forma cognitivamente a los estudiantes, esa actividad debe permanecer.	0,773	4,83	1,611	2,596
	3. Estoy de acuerdo con que la forma efectiva de aprender física es haciendo o recreando ejercicios de lápiz y papel.	0,693	4,06	1,480	2,190
	15. Me gusta hacer experimentos y ejercicios tradicionales porque me permite dedicar tiempo a otros aspectos de la clase.	0,536	4,39	1,193	1,423
3. Los REA se deben orientar a población destino. $\bar{x} = 5,22$	12. En mi opinión los conceptos físicos son universales, pero la motivación e intención varía según a quien se le enseñe.	0,863	4,92	1,660	2,755
	13. Creo que el diseño de material digital, que trate modelos físicos, varía según a quien vaya dirigido.	0,847	4,98	1,537	2,363
	14. Creo que la experiencia de los profesores de física aporta eficazmente para que el diseño de material digital sea exitoso.	0,669	5,76	1,365	1,864
4. Los REA como instrumento en la actividad de laboratorio. $\bar{x} = 4,66$	4. Creo que un laboratorio virtual es ideal para aprender física porque las variables y resultados se ajustan al modelo físico.	0,821	3,97	1,410	1,987
	2. Creo que se deben usar interfaces para registrar datos pues dejan tiempo para interpretar la información obtenida en el laboratorio.	0,716	4,58	1,321	1,746
	7. Considero que el experimento es el elemento que permite confrontar los aprendizajes de los modelos físicos.	0,594	5,42	1,558	2,427
5. La matemática como mediación para aprender física. $\bar{x} = 5,11$	6. Estoy seguro que un estudiante debe saber matemáticas para aprender los modelos físicos.	0,924	5,09	1,628	2,651
	21. Creo que aprender matemáticas es una condición necesaria para estudiar física.	0,865	5,13	1,611	2,595
6. Los REA como dispositivo de memoria. $\bar{x} = 2,89$	35. Pienso que un estudiante aprende física viendo repetidamente videos de ejercicios de física resueltos.	0,856	2,78	1,528	2,335
	57. La enseñanza de la física debe basarse en la física únicamente, indistintamente de la potencialidad didáctica que ofrezcan las Tic.	0,781	2,99	1,473	2,170
7. Los Millennials y el aprendizaje de la física. $\bar{x} = 3,51$	11. Creo que se promueve un pensamiento superficial de la física cuando se usan las Tic para reportar una actividad del curso.	0,804	3,39	1,586	2,514
	10. No percibo que las Tic estén contribuyendo al entendimiento de los modelos físicos, aunque los estudiantes estén pegados a éstas.	0,761	3,62	1,641	2,693
8. La simulación como REA. $\bar{x} = 4,27$	60. Quienes estudiamos física en Colombia tenemos reconocimiento en los países desarrollados.	0,867	3,99	1,818	3,307
	39. Hoy creo que las simulaciones son el elemento contundente para examinar el entendimiento de los modelos físicos.	0,690	4,54	1,462	2,138

Fuente. Los autores con SPSS 25.0 ®.

REA como obstáculo didáctico – epistemológico (Concepción 1). Esta concepción agrupa los profesores centrados en el estudio de los modelos físicos, en el que el experimento debe hacerse de manera presencial a través de la interacción del estudiante con todos los elementos utilizados en la actividad de laboratorio, así como en todo el proceso de análisis. El anterior propósito identifica que el uso de las TIC no resulta adecuado, contrario a ello, podría resultar siendo un obstáculo toda vez que, por ejemplo, para la actividad de laboratorio, no corresponde con la realidad de los conceptos estudiados. La población que participó del estudio tiene una postura neutra.

La actividad cognitiva no requiere REA (Concepción 2). Existe un consenso en los profesores en cuanto a que hay una relación entre el hacer actividades y lo que ocurre en el cerebro; actividades como registrar los datos en el laboratorio, hacer ejercicios de lápiz y papel, entre otras,

promueve la actividad cognitiva necesaria, así como el tiempo, para el aprendizaje de la física. La población que participó del estudio esta de acuerdo en esta concepción.

Los REA se deben orientar a población destino (Concepción 3). En esta concepción los profesores se agrupan en una idea universal de la física, que precisa de unos elementos para hacer la transposición al momento de ser enseñada; considerar la motivación, la intención, los recursos a ser usados para la mediación, así como la experiencia propia del docente, constituyen aspectos que favorecen la forma en como el docente organiza el contenido de la física para ser enseñado a comunidad académica específica, como es el caso de los ingenieros. La población que participó del estudio esta de muy de acuerdo con esta concepción.

Los REA como instrumento en la actividad de laboratorio (Concepción 4). Para los profesores, la actividad de laboratorio es un espacio en el que es posible confrontar los modelos físicos, de tal manera que usar las tecnologías como mecanismo de comprobación de las hipótesis podría favorecer, de un lado la confrontación de los datos del laboratorio y de otro, la concordancia de estos datos con los modelos físicos. En ese mismo sentido, usar interfaces que han sido desarrolladas para capturar datos de sensores, pueden constituirse en un elemento tecnológico que favorece la construcción de propuestas de laboratorio en menor tiempo. La población que participó del estudio esta de acuerdo con esta concepción.

La matemática como mediación para aprender física (Concepción 5). Esta concepción está anclada a una visión de la física, en la que la matemática es una herramienta necesaria para su aprendizaje. Para la construcción de los modelos físicos, desde el punto de vista didáctico, los profesores se apoyan fuertemente en las matemáticas. Por lo que enseñar o aprender más física a nivel superior en la facultad ingeniería, implica necesariamente unos aprendizajes de las matemáticas, sin la cual difícilmente podría aprenderse física. La población que participó del estudio esta muy de acuerdo con esta concepción.

Los REA como dispositivo de memoria (Concepción 6). Los profesores que se agrupan en esta concepción al parecer identifican una tensión entre el uso del video, por ejemplo los dispuestos en YouTube®, y verlos repetidamente (para memorizar) como una forma de aprender física. La enseñanza de la física, considerada únicamente desde los modelos físicos, toma distancia del uso de la tecnología, como mediación para su enseñanza y aprendizaje.

Los millennials y el aprendizaje de la física (Concepción 7). En esta concepción los profesores identifican los estudiantes con cualidades de estar altamente conectados a una “realidad” a través del uso de las TIC. Sin embargo, identifican como el aprendizaje de la física no se ve influenciado positivamente con la cualidad descrita, por lo cual considerar mantener la conexión entre la actividad cognitiva y la mano resulta necesaria. La población que participó del estudio esta de un poco en desacuerdo con esta concepción.

La simulación como REA (Concepción 8). En esta concepción los profesores de física identifican cómo la internacionalización, en la producción de conocimiento propio de la física a nivel teórico, soportado en soluciones computacionales, ha sido aceptada; asimismo identifican como un potencial, usar la simulación de eventos físicos como elemento mediador en el aprendizaje de los modelos físicos. La población que participó del estudio esta de acuerdo con esta concepción.

Discusión de resultados

Estudios previos han descrito cómo la existencia de obstáculos epistemológicos puede llevar a un mayor tiempo de dedicación para el aprendizaje (Barral, 1990; Odom & Barrow, 1995; Perafán, 2015; Zamora, 2002), obstáculos que, entendidos como concepciones, resultan difícilmente modificables. Si bien los estudios lo han dicho en el pasado, la concepción de los profesores de física ubica la presencia de las TIC, en diferentes formas, como uno de esos

obstáculos para la enseñanza y el aprendizaje de la física. Lo anterior no implica descartar el uso de los REA, contrario a eso lo que conlleva es una formación docente, que sea incorporada en la planeación y ejecución de las diferentes sesiones pedagógicas, toda vez que hay alguna evidencia que señala que éstos motivan al estudiante para su aprendizaje por sus características funcionales y multimediales (Molnár & Benedek, 2014). Identificar los REA como artefactos de mediación, para la cultura de los físicos que se dedican a la enseñanza, permite ampliar el dominio de las posibilidades de las TIC, desde el punto de vista didáctico-pedagógico, contribuyendo a superar la mirada de los REA como dispositivos de memoria. Igualmente, todas estas aplicaciones y usos de los REA indican que en su incorporación también se “escabullen” perspectivas epistemológicas sobre lo que se entiende es la física, el aprendizaje, la enseñanza, la tecnología, entre otras. Así, retomando a Suárez (2017), el uso de los REA por parte de los(as) profesores(as) en su clase de física implica poner en curso mediaciones pedagógicas, que implican posturas críticas a posturas parciales (como las encontradas en las diferentes concepciones) que permitan ampliar los contextos, hacer emerger más voces, aspectos y experiencias de las que usualmente se manifiestan en las concepciones encontradas.

Estudios de origen neurocientífico establecen la motivación en dos formas: extrínseca e intrínseca. La extrínseca aquella que se origina con el estímulo externo, en tanto que la intrínseca proviene desde dentro de la persona (Zull, 2002). Asimismo se ha identificado una respuesta motivante de los estudiantes frente al uso de los REA (Molnár & Benedek, 2014); respuesta que está afectando el sistema cognitivo del estudiante, lo que de alguna manera podría decirse impulsa transformaciones mentales (Rodríguez-Arocho, 2018) que favorecen su aprendizaje. Sin embargo, en el presente estudio subyace una concepción, en la que la actividad cognitiva descarta el uso de los REA, esto lleva a considerar la necesidad de una formación docente adecuada que incluya elementos que provengan de la neurociencia dirigida a la educación (Dubinsky et al., 2019).

Entre la idea básica de los objetos de aprendizaje (Advanced Distributed Learning (ADL), 2006, 2009), heredada por los REA, está el hecho que sean reutilizables, es decir, que pueden ser usados en diversos contextos, adicional a esto subyace la idea de que estos sean adaptables, lo que va relacionado directamente con la cobertura a nivel de contenido (granularidad) (Noor et al., 2009). Estas características de los REA favorecen y potencian la concepción de que deben dirigirse a la población destino; es decir, que cuando un profesor de física prepara un tema para la enseñanza y aprendizaje, éste considera la población destino a la que dirige su actividad, luego la posibilidad de adaptar el REA para ser reutilizado, basado en la experiencia del profesor, resulta ser una característica que favorece y dinamiza esta actividad.

En la cultura de los físicos, desde la década de los 60, la física computacional, cuya base se sustenta en la simulación, se ha venido abriendo espacio, entre la física teórica y la física experimental, (Brody, 1984). Esta incorporación ha sido por varias décadas, toda vez que ha tenido que someterse a la reflexión interna de su uso válido desde el punto de vista epistemológico, hecho que aún todavía no está totalmente resuelto. No obstante, se han identificado aportes desde la física computacional a la física en general, lo que ha permitido la transposición de ésta a los currículos que forman los profesionales en el área de la física, a través de asignaturas o propuestas de su enseñanza (Rojas et al., 2009). La simulación ha venido desarrollándose para la enseñanza de la física en diferentes temas con sustento en diferentes tecnologías (Ballesteros & Marquez, 2010; Bohigas et al., 2003; Breto et al., 2019; Márquez & Fonseca, 2007), llegando incluso al laboratorio de física para el desarrollo de la actividad experimental (Rodríguez-Llerena & Llovera-González, 2010; Yang & Heh, 2007). Por lo anterior, se podría considerar que las concepciones relacionadas con los REA como instrumento en la actividad de laboratorio y la simulación, subyacen en el pensamiento de los profesores de física que trabajan en la facultad ingeniería, por lo cual estas

concepciones potencialmente son un buen punto de partida para incorporar los REA en la enseñanza de la física.

El lenguaje de la física, en buena medida, se soporta epistemológicamente en las matemáticas, por lo que las dificultades existentes en el aprendizaje de la matemática se propagan cuando se estudia la física para ingenieros, toda vez que ésta es trabajada con la formalidad que su estudio a este nivel implica, esta concepción se ve en consonancia con estudios que identificar errores en el tratamiento de situaciones hipotéticas por parte de los estudiantes o de los recursos (Slisko, 2000), temas que pueden ser transformados en oportunidades didácticas-pedagógicas (Messina et al., 2018; Rodríguez et al., 2017; Vizcarra-Parra & Gómez-Santos, 2016). La matemática como mediación, en la cultura de los físicos, abre un campo de acción, tímidamente explorados, para que trabajos conjuntos entre la matemática educativa y la física educativa contribuyen en transformar y avanzar en colectivo de situaciones que están presentes en esta concepción.

La actual generación de estudiantes, denominada Millennials, con alta inversión en la del uso de las TIC, los profesores que enseñan física identifican como ésta no contribuye significativamente en su aprendizaje, contrario a eso da una mirada superficial al uso de las TIC al momento de la enseñanza y aprendizaje de la física, lo que desde ya coincide con algunos trabajos previos (Nalda & Trens, 2016). Al momento viene creciendo en abundancia la evidencia de origen neurocientífico, a partir de resonancias magnéticas, que muestra como el uso de las tecnologías digitales, en particular la Internet, impacta en lóbulo frontal y la memoria de trabajo; al verse afectada la memoria de trabajo también impacta la capacidad de concentración es decir el pensamiento profundo, en síntesis el uso intensivo de estas tecnologías está impactando el funcionamiento del cerebro y en consecuencia el aprendizaje que exige mayor tiempo para su aprehensión (Dalton, 2013). La situación anteriormente descrita, como ya se ha mencionado, ácido débilmente tratada por lo que se requiere una estrategia de formación docente que involucre, como lo dice Dubinsky (2019), la formación básica de neurociencia y neuroeducación y contribuye a la comprensión de los Millennials de forma que pase de ser un obstáculo a la búsqueda de soluciones.

Conclusiones

Identificar y aproximarse a comprender las 8 concepciones que subyacen a los profesores de física, que trabajan en la facultad ingeniería en la ciudad de Bogotá Colombia, pareciera la existencia de un panorama con bastante dificultades, sin embargo esto se constituye en un conjunto de oportunidades que desde los programas de formación permanente de docentes puede ser abordado para que haya una mejor incorporación de los REA la labor de los profesores. Con lo dicho se supera el hecho de pensar que la incorporación de las TIC está limitada a la posibilidad de tener los artefactos físicos y una alfabetización de cómo usarlos, toda vez que el presente estudio aporta una cantidad de elementos contextuales debidamente diferenciados.

Comprender la incorporación de los REA, en general de las TIC, desde la óptica de la neurociencia, apoyada en evidencia científica, resulta plausible para abordar las concepciones que emergen como obstáculo en la de enseñanza y aprendizaje. Estudios, cuyo origen está en la neurociencia, se aproximan a señalar que el uso de la Internet afecta las conexiones neuronales involucradas en la memoria de largo y corto plazo (Dalton, 2013), siendo esta última la utilizada para la comprensión y en general el aprendizaje. Dicho lo anterior, entendiendo que actualmente la generación de estudiantes “Millennials” están altamente insertos en la Internet, este estudio se constituye en un marco inicial para abordar a la situación problema que se ha identificado.

Partir de considerar la “cultura de los físicos” y la “cultura de los ingenieros”, desde un enfoque cultural, en la que cada uno es un grupo social y cultural, con sus propias prácticas de comunicación, símbolos y significados, en general con su propia epistemología; resulta interesante y conveniente para identificar puentes de comunicación, asimismo es el profesor de física quien sirve de eje entre estas dos culturas. El desplazamiento epistemológico, que debe hacer el profesor de física, emerge dentro de las concepciones como un elemento que está asociado a su experiencia y su conocimiento didáctico-pedagógico. Así las cosas, para que los REA sean incorporados en la actividad del profesor de física, epistemológicamente la “cultura de los físicos” los debe adoptar. Finalmente mencionar que el instrumento diseñado y validado en la presente investigación es un aporte para la comunidad dedicada a la física educativa que trabaja enseñando física para físicos y no físicos; éste test puede ser usado para la docencia y la investigación.

Limitaciones de estudio

El trabajo de investigación estuvo limitado a profesores de física activos que trabajan en la Facultad Ingeniería en universidades de carácter público o privado en Bogotá Colombia, adicionalmente los profesores entrevistados, lo hicieron en forma voluntaria y no a través de una muestra aleatoria lo anterior puede limitar la extrapolación de los resultados.

Referencias bibliográficas

- Advanced Distributed Learning (ADL). (2006). SCORM 2004 3rd Edition: Shareable Content Object Reference Model - Overview Version 1.0. En S. Thropp (Ed.), *Advanced Distributed Learning ADL* (3rd Editio). Advanced Distributed Learning ADL. <http://www.adlnet.gov/Technologies/scorm/SCORMSDocuments/PreviousVersions/SCORM20043rdEd/SCORM.2004.3ED.DocSuite.zip>
- Advanced Distributed Learning (ADL). (2009). *SCORM® 2004 4th Edition Run-Time Environment (RTE) Version 1.1* (A. Panar (ed.)). Advanced Distributed Learning.
- Álvarez, J., & Posadas, V. (2003). La obra de Galileo y la conformación del experimento en la física. *Revista Mexicana de Física*, 49(1), 61–73. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rmf/article/view/13871/13208>
- Avila, O., Lordoy, D., Aycardi, M., & Florez, E. (2020). Concepciones de docentes de química sobre formación por competencias científicas en educación secundaria. *Revista Espacios*, 41(46), 244–260. <https://doi.org/10.48082/espacios-a20v41n46p21>
- Ballesteros, H. J. O., & Marquez, A. H. (2010). *Diagramas de Clapeyron : un análisis teórico y simulado de los Procesos térmicos y cálculo de las cantidades macroscópicas*. 4(1), 216–219.
- Barral, F. (1990). ¿Cómo flotan los cuerpos que flotan? Concepciones de los estudiantes. *Enseñanza de las ciencias. Investigación y experiencias didácticas*, 8(3), 244–250.
- Bastién-Montoya, G. M., Mora, C., & Sánchez-Guzmán, D. (2010). Obstáculos en la resolución de problemas en alumnos de bajo rendimiento. *Am. J. Phys. Educ*, 4(3).
- Becher, T., & Trowler, P. R. (2001). *Academic Tribes and Territories Intellectual enquiry and the culture of disciplines* (Second Edi). Open University Press.
- Bohigas, X., Jaén, X., & Novell, M. (2003). Applets en la enseñanza de la física. *Revista enseñanza de las ciencias*, 21 (3)(26), 463–472. <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v21n3p463.pdf>
- Breto, J. O., Pérez, M. L. M., & Jorge, L. (2019). Simulaciones sobre EJS para aprender Física. *Latin-American Journal of Physics Education*, 13(2), 1–6. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7325395>
- Briceño-Martínez, J., & Benarroch-Benarroch, A. (2013). Concepciones y creencias sobre ciencia,

- aprendizaje y enseñanza de profesores universitarios de ciencias. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 8(1), 24–41.
- Brody, T. (1984). La física computacional. *Revista mexicana de física*, 30(3), 513–536.
- Bustos, E. (2017). *Concepciones De Territorio De Docentes Universitarios Formadores De Profesionales De Las Ciencias De La Tierra (Pct): Estudio Comparado En Dos Universidades Públicas Ubicadas En Contextos Culturalmente Diferenciados*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Butcher, N. (2015). Guía Básica de Recursos Educativos Abiertos (REA). En A. Kanwar & S. Uvali-Trumbic (Eds.), *Unesdoc*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232986%0Awww.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-sp>
- Carrascosa-Alís, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis sobre las causas que las originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 2(2), 183–208. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2005.v2.i2.06
- Cisterna-Cabrera, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, 14(1), 61–71.
- Cole, M. (2003). *Psicología Cultural Una disciplina del pasado y del futuro* (Segunda Ed). Ediciones Morata.
- Contreras-Perez, G., & Zuñiga-González, C. (2019). Prácticas y concepciones de retroalimentación En la formación inicial docente. *Educacao e Pesquisa*, 45, 1–22. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S1678-4634201945192953>
- Dallas, J. (1998). *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. International Thompson Editores.
- Dalton, K. M. (2013). Their Brains on Google: How Digital Technologies Are Altering the Millennial Generation's Brain and Impacting Legal Education. *Science and Technology Law Review*, 16(3), 409.
- De-La-Cruz, M., Baudino, V., Caino, G., Ayastuy, R., Ferrero, T., Huarte, M., Palacio, M., Reising, A., Scheuer, N., & Siracusa, P. (2000). Análisis del discurso de profesores universitarios en la clase. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 26, 9–23. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052000000100001>
- Dubinsky, J. M., Guzey, S. S., Schwartz, M. S., Roehrig, G., MacNabb, C., Schmied, A., Hinesley, V., Hoelscher, M., Michlin, M., Schmitt, L., Ellingson, C., Chang, Z., & Cooper, J. L. (2019). Contributions of Neuroscience Knowledge to Teachers and Their Practice. *The Neuroscientist*, 25(5), 394–407. <https://doi.org/10.1177/1073858419835447>
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, J., & Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza De Las Ciencias*, 20(3), 477–488. <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v20n3p477.pdf>
- Flórez-Nisperuza, E., Páez, J., Fernández, C., & Salgado, J. (2018). Reflexiones docentes acerca de las concepciones sobre la evaluación del aprendizaje y su influencia en las prácticas evaluativas. *Revista científica*, 1(34), 63–72. <https://doi.org/10.14483/23448350.13553>
- Frías-Navarro, D. (2020). *Apuntes de consistencia interna de las puntuaciones de un instrumento de medida*. <https://www.uv.es/friasnav/AlfaCronbach.pdf>
- Gamboa-Araya, R., Castillo-Sánchez, M., & Hidalgo-Mora, R. (2019). Errores matemáticos de estudiantes que ingresan a la universidad. *Actualidades Investigativas en Educación*, 19(1), 31. <https://doi.org/10.15517/aie.v19i1.35278>

- Garrido, A. R., & Saurin, A. A. N. (2014). *Teorías implícitas y concepciones de planificación en la formación profesional para el empleo. Análisis en la provincia de Valencia*. Universidad de Valencia.
- Geertz, C. (2003). *La interpretación de las culturas* (Dudécima r). Editorial Gedisa S.A.
- Gil-Pérez, D., Macedo, B., Martínez-Torreglosa, J., Sigifredo, C., Valdés, C., & Vilches, A. (2005). ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años. En *Unesco*. Publicado por la Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe.
- González, J., & Pazmiño, M. (2015). Cálculo e interpretación del Alfa de Cronbach para el caso de validación de la consistencia interna de un cuestionario, con dos posibles escalas tipo Likert. *Revista Publicando*, 2(1), 62–67. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-423821>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (J. Mares-Chacon (ed.)). McGraw Hill Intereamericana Editores S.A. <http://www.casadellibro.com/libro-metodologia-de-la-investigacion-5-ed-incluye-cd-rom/9786071502919/1960006>
- Jara-Henríquez, M., & Jara-Coatt, P. (2018). Concepciones y Prácticas Evaluativas Declaradas por los Docentes en Respuesta a las Necesidades Educativas Especiales de Carácter Permanente. *Revista latinoamericana de educación inclusiva*, 12(2), 59–77. <https://doi.org/10.4067/s0718-73782018000200059>
- Jiménez-Llanos, A. (2005). DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE : Ana Beatriz Jiménez Llanos. *Revista Curriculum*, 18, 211–236. https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/12156/Q_18_%282005%29_10.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psycology*, 22(140), 5–55.
- López-Vargas, O., Hederich-Martínez, C., & Camarg-Urbe, A. (2013). Logro en matemáticas, autorregulación del aprendizaje y estilo cognitivo. En *Suma Psicológica* (Vol. 19, Número 2, pp. 39–50). <http://publicaciones.konradlorenz.edu.co/index.php/sumapsi/article/view/1229>
- López-Vargas, O., Hederich-Martínez, C., & Camargo-Urbe, A. (2012). Logro de aprendizaje en ambientes hipermediales: Andamiaje autorregulador y estilo cognitivo. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 44(2), 13–25. <https://doi.org/10.14349/rlp.v44i2.1028>
- López, O., Ibañez, J., & Chiguasuque, E. (2014). Logro de aprendizaje en ambientes computacionales : Autoeficacia , metas y estilo cognitivo. *Pensamiento Psicológico*, 12(1), 133–148. <https://doi.org/10.11144/Javerianacali.PPSI12-1.ecfm>
- Marín, C. (2010). Entrevista Con Laurence Viennot. *Revista Góndola , Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 5(2), 3–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.14483/23464712.5210>
- Márquez, A. H., & Fonseca, M. (2007). *Estudio de una gota de lluvia de masa variable con la ayuda de software de cálculo y simulación*. 24(1), 94–96.
- McComas, W. (1997). The language of science Education An Expanded Glossary of Key Terms and Concepts in Science Teaching and Learning. En W. McComas (Ed.), *Metrologia* (Vol. 34, Número 1). Sense Publishers. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/34/1/15>
- McMillan, J., & Schumacher, S. (2005). *Investigación educativa*. Editorial Pearson Educación S.A.
- Messina, V., Seminara, S., Del-Puerto, S., Gil, T., & Pano, C. (2018). Uso didáctico del error: Una experiencia de aula. *Revista de Educación Matemática*, 33(1), 27–42.
- Milicic, B., Sanjosé-López, V., Salinas-Fernández, B., & Utges, G. (2004). Creencias, concepciones y enseñanza en la Universidad: un estudio de caso de desarrollo profesional

- colaborativo centrado en un profesor de Física. *Revista española de pedagogía*, 62(229), 377–394. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/extart?codigo=1051415>
- Molina, A., Mosquera, C., Utges, G., & Mojica, L. (2014). *Concepciones de los profesores sobre el fenómeno de la diversidad cultural y sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias* (Universida). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. [http://die.udistrital.edu.co/sites/default/files/doctorado_ud/publicaciones/Concepciones de los profesores sobre el fenómeno de la diversidad cultural y sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias.pdf](http://die.udistrital.edu.co/sites/default/files/doctorado_ud/publicaciones/Concepciones_de_los_profesores_sobre_el_fenomeno_de_la_diversidad_cultural_y_sus_implicaciones_en_la_enseñanza_de_las_ciencias.pdf)
- Molina, A., & Utges, G. (2012). Diversidad cultural, concepciones de los profesores y los ámbitos de sus prácticas. Dos estudios de caso. *Revista de Enseñanza de la Física*, 24(2), 7–26. <http://www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/8168>
- Molnár, G., & Benedek, A. (2014). ICT in Education: A New Paradigm and Old Obstacle. *ICCGI 2014, The Ninth International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology*, June 2014, 54–60. http://www.thinkmind.org/index.php?view=article&articleid=iccg_i_2014_3_20_10074
- Montiel, G., Farfán, R., & Canché, J. (2009). Creencias y concepciones de los profesores: un estudio en un escenario virtual. En P. Lestón (Ed.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* (Vol. 22, pp. 1511–1519). Colegio Mexicano de Matemática Educativa A. C. [http://www.matedu.cicata.ipn.mx/archivos/\(JCanche-RFarfan-GMontiel2009\)-ALME22-.pdf](http://www.matedu.cicata.ipn.mx/archivos/(JCanche-RFarfan-GMontiel2009)-ALME22-.pdf)
- Nalda, F. N., & Trens, M. A. J. (2016). Concepciones de los estudiantes sobre la eficacia de los ambientes de aprendizaje universitarios. *Revista de Investigacion Educativa*, 34(2), 503–519. <https://doi.org/10.6018/rie.34.2.239481>
- Noor, S. F. M., Yusof, N., & Hashim, S. Z. M. (2009). A metrics suite for measuring reusability of learning objects. *ISDA 2009 - 9th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, 961–963. <https://doi.org/10.1109/ISDA.2009.114>
- Odom, A., & Barrow, A. (1995). Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology students' understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(1), 45–61. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tea.3660320106>
- Palou, I., & Utges, G. (2012). Teorías implícitas de docentes universitarios sobre la problemática de deserción y desgranamiento en carreras de Ingeniería. Un estudio contextualizado. *Revista argentina de enseñanza de la ingeniería*, 1, 7–18. <https://studylib.es/doc/8705707/teorias-implicitas-de-docentes-universitarios-sobre-la-pr>
- Perafán, G. (2015). Bachelard: libido, razón, conocimiento y espíritu científico. Hacia una comprensión alternativa de la noción de obstáculo epistemológico. *Folios*, 42, 55–69.
- Prihandhika, A., Prabawanto, S., Turmudi, T., & Suryadi, D. (2020). Epistemological Obstacles: An Overview of Thinking Process on Derivative Concepts by APOS Theory and Clinical Interview. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/3/032028>
- Rodrigo, M., Rodríguez, A., & Marrero, J. (1993). *Las teorías implícitas; una aproximación al conocimiento cotidiano*. Visor Distribuciones.
- Rodríguez-Arocho, W. (2018). Herramientas culturales y transformaciones mentales: Las tecnologías de la información y la comunicación en perspectiva histórico-cultural. *Actualidades Investigativas en Educación*, 18(2). <https://doi.org/10.15517/aie.v18i2.33068>
- Rodriguez-Llerena, D., & Llovera-González, J. (2010). Estudio comparativo de las potencialidades didácticas de las simulaciones virtuales y de los experimentos reales en la enseñanza de la

- Física General para estudiantes universitarios de ciencias técnicas. *Latin-American Journal of Physics Education*, 4(1), 181–187.
- Rodríguez, M., Gregori, P., Riveros, A., & Aceituno, D. (2017). Análisis de las estrategias de resolución de problemas en matemática utilizadas por estudiantes talentosos de 12 a 14 años. *Educacion Matematica*, 29(2), 159–186. <https://doi.org/10.24844/em2902.06>
- Rojas, J. F., Morales, M., Rangel, A., & Torres, I. (2009). Física computacional: Una propuesta educativa. *Revista Mexicana de Fisica E*, 55(1), 97–111.
- Slisko, J. (2000). Errores comunes en problemas numéricos de la física escolar. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 14, 87–98. <https://doi.org/10.7203/dces..2919>
- Suárez, O. (2015). Aproximación a la comprensión de la noción de objeto de aprendizaje o recursos educativos abiertos. *En revisión*.
- Suárez, O. (2016a). Aprendizaje de la matemática, una condición necesaria para el aprendizaje de la física inicial a nivel superior 1. *Revista Academia y Virtualidad*, 9(1), 24–40. <http://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/ravi/article/view/1707/1435>
- Suárez, O. (2016b). Recursos educativos abiertos, artefactos culturales, concepciones de los profesores de física para ingeniería: Análisis de dos estudios de caso. *Revista Góndola , Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 11(2), 156–174. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n2.a1>
- Sumner, T., Butcher, K., & Wetzler, P. (2010). Open Educational Resource Assessments (OPERA). *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 6095 LNCS(PART 2), 414–416. https://doi.org/10.1007/978-3-642-13437-1_88
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1(2), 205–221. <https://doi.org/10.1080/0140528790010209>
- Vilanova, S., Mateos-Sanz, M., & García, M. (2011). Las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje en docentes universitarios de ciencias. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, II(3), 53–75. <https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2011.3.27>
- Vizcarra-Parra, F., & Gómez-Santos, S. (2016). El error como oportunidad para reflexionar y tomar decisiones asertivas en el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 8(16), 34. <https://doi.org/10.22201/cuaed.20074751e.2016.16.57097>
- Wartofsky, M. (1979). *Models Representation and the Scientific Understanding* (Robert S. Cohen (ed.); The series). D. Reidel - Pubkishing Company.
- Yang, K. Y., & Heh, J. S. (2007). The impact of internet virtual physics laboratory instruction on the achievement in physics, science process skills and computer attitudes of 10th-grade students. *Journal of Science Education and Technology*, 16(5), 451–461. <https://doi.org/10.1007/s10956-007-9062-6>
- Zamora, A. (2002). Obstáculo epistémológicos que afectan el proceso de construcción de conceptos del área de ciencias en niños de edad escolar. *Revista de las Sedes Regionales*, 3(5), 75–89.
- Zull, J. (2002). *The art of changing the brain Enriching Teaching by Exploring the Biology of Learning*. Stylus Publishing, LLC.