



DISEÑO DE UN INSTRUMENTO PARA CARACTERIZAR EL CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTENIDO EN PROFESORES DE FÍSICA SOBRE UN TÓPICO ESPECÍFICO

INSTRUMENT'S DESIGN TO CHARACTERIZE THE PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE OF PHYSICS TEACHERS ABOUT ONE SPECIFIC TOPIC

DESENHO DE INSTRUMENTO PARA CARACTERIZAR O CONHECIMENTO DIDÁTICO DE CONTEÚDO DE PROFESSORES DE FÍSICA, EM UM TEMA ESPECÍFICO

Marcos Campos Nava^{*}, Mario Humberto Ramírez Díaz^{**}

Cómo citar este artículo: Campos Nava, M. y Ramírez Díaz, M.H. (2019). Diseño de un instrumento para caracterizar el conocimiento didáctico del contenido en profesores de física sobre un tópico específico. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 14(2), 340-359. DOI: <http://doi.org/10.14483/23464712.13900>

Resumen

En este artículo se reporta el proceso llevado a cabo para diseñar un instrumento con el objetivo de caracterizar el *conocimiento didáctico del contenido* en los profesores en el tópico específico de gráficas cinemáticas. Esta perspectiva ha sido investigada exhaustivamente en las últimas décadas y se considera un elemento orientador en la elaboración de programas de formación y actualización de profesores de ciencias. Debido a la importancia que conlleva lo anterior para la didáctica de la física, resultan pertinentes elementos teóricos y metodológicos con el fin de caracterizar dicho constructo. Esta investigación trabaja por medio del diseño de un instrumento que pueda ser validado, ya que son escasos los instrumentos de esta naturaleza que se reportan en la literatura especializada, sobre todo en América Latina. El producto final se presenta como un cuestionario en escala Likert, el cual fue piloteado con un grupo de 42 profesores de física en servicio, lo que permitió medir su consistencia interna por medio del coeficiente alfa de Cronbach, calculado a través del *software* de análisis estadísticos SPSS© versión 20. Los resultados indican un valor de consistencia interna aceptable, lo cual permite considerar factible el uso de dicho instrumento con

Recibido: 03 de octubre de 2018; aprobado: 04 de febrero de 2019

* Estudiante de Doctorado en Ciencias en Física Educativa. Profesor investigador adscrito al Área Académica de Matemáticas y Física de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. Correo electrónico: mcampos@uaeh.edu.mx - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7534-3193>

** Doctor en Ciencias en Física Educativa. Profesor investigador adscrito al Posgrado en Física Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, México. Correo electrónico: mramirezd@ipn.mx - ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3459-2927>

finances exploratorias en investigaciones relacionadas con el *conocimiento didáctico del contenido* en profesores de física en el tópico de gráficas cinemáticas.

Palabras clave: diseño de un test, conocimiento didáctico del contenido, gráficas cinemáticas, formación de profesores.

Abstract

In this paper, we report the process carried out to design an instrument with the objective of characterizing the teacher's Pedagogical Content Knowledge about the specific topic of cinematic graphics. This perspective has been investigated exhaustively in the last decades and considered as a guiding element in the development of training and updating programs for science teachers. Due to the importance that implies for the didactics of physics, it is relevant to provide theoretical and methodological elements to characterize this perspective. This research works on the design of an instrument that can be validated, since there are few instruments of this nature reported in specialized literature, mainly in Latin America. The final product is presented as a questionnaire on a Likert scale piloted with a group of 42 physics teachers in service. It allowed us to measure its internal consistency by means of Cronbach's alpha coefficient, calculated using the software of statistical analysis SPSS © version 20. The results present an acceptable internal consistency value, which is reliable to use for exploratory purposes in research related to the Pedagogical Content Knowledge of physics teachers, on the topic of cinematic graphs.

Keywords: test design, pedagogical content knowledge, kinematic graphics, teachers education.

Resumo

Este artigo descreve o processo para projetar um instrumento a fim de caracterizar o conhecimento pedagógico do conteúdo de professores, no tópico específico de gráficos cinemáticos. Esta é uma construção que nas últimas décadas tem sido investigada extensivamente e se considera como elemento orientador para desenvolver alguns programas de formação de professores de ciências. Devido à importância envolve o já dito, para o ensino de física, é importante colaborar, fornecendo elementos teóricos e metodológicos para caracterizar esta construção. No caso particular desta pesquisa, propõe-se a fazer isso através da elaboração de um instrumento que possa ser validado, uma vez que existem poucos instrumentos dessa natureza, relatados na literatura especializada, principalmente na América Latina. O produto final é apresentado como um questionário em escala Likert, que foi aplicado com um grupo de 42 professores da física em serviço, o qual permitiu medir a consistência interna do mesmo por meio de alfa Cronbach, calculada utilizando o software de análise estatística SPSS © versão 20. Os resultados indicam um valor de consistência interna

aceitável, fazendo viável o uso do instrumento para fins exploratórios, em pesquisa relacionados com conhecimento pedagógico do conteúdo de professores de física nos tópicos de gráficos cinemáticos.

Palavras chaves: desenho de um teste, conhecimento didático do conteúdo, gráficos cinemáticos, formação de professores.



Introducción

Actualmente no existe en México un programa educativo que forme sistemáticamente a los futuros profesores que impartirán física en los niveles de bachillerato y universidad, o que impacte en la actualización de los que ya están en funciones (HIRSCH-ADLER, 1998; SÁNCHEZ, HUCHIM, 2015), ya que en términos de políticas educativas, se ha dejado que cada institución forme a sus profesores como mejor considere. La estrategia empleada ha sido generar posgrados para los profesores en servicio, regularmente maestrías en educación, o en su defecto, ofertar cursos de manera aislada que en su mayoría contienen elementos de pedagogía general y en menor medida cursos disciplinares de física.

Por esta razón, quienes ejercen la profesión de profesores de física en los niveles educativos mencionados, tienen perfiles diversos que van desde licenciados en física hasta ingenieros en diversas ramas de la tecnología, con maestría y doctorado en algunos casos.

Si partimos del supuesto de que debido a su formación profesional, los docentes en servicio poseen el conocimiento disciplinar requerido para ser profesores de física, ¿qué otros factores son relevantes para considerar que un profesionista puede desarrollarse de manera adecuada como profesor de física?

A este respecto, MERINO (2002) afirma que ser un buen profesor o una buena profesora de física conlleva no solo conocer a fondo la materia, sino también poseer destrezas en didáctica y pedagogía, y, además, tener aptitudes y actitudes de investigador. Los profesores de física han de tener conocimientos sólidos en física, didáctica y pedagogía, y actitudes aperturistas.

En ese sentido, para ESTADOS UNIDOS (1996), “además del sólido conocimiento de la ciencia, los profesores de ciencias deben tener una base sólida en la teoría del aprendizaje, entender cómo se produce el aprendizaje y cómo se facilita” (p. 62).

Aunado a lo anterior, RIVEROS, JIMÉNEZ, RIVEROS (2004) mencionan:

[Respecto a los profesores de física] Existe el supuesto de que es suficiente conocer la disciplina para poder enseñarla. Nada más falso [...]. En general, es necesario conocer sobre didáctica y pedagogía para articular técnicas de enseñanza, de aprendizaje, de evaluación y grupales, para lograr elaborar estrategias con posibilidades de funcionar satisfactoriamente. (p. 88)

Se puede afirmar entonces que existe consenso entre algunos investigadores y autoridades educativas, de que para poder enseñar una disciplina científica, hay que tener un sólido conocimiento disciplinar de esta, esto es, entender a profundidad los tópicos de la disciplina que enseña y su relación con otras áreas del conocimiento, pero que este conocimiento aunque es necesario, no es suficiente para ser buen profesor (MERINO, 2002; RIVEROS, JIMÉNEZ, RIVEROS, 2004; ÁVILA, PÉREZ, SANTILLÁN, 2008 CAÑAL, 2011), además se ha identificado que la mayoría de profesores que imparten clases de física en bachillerato y universidad tienen escasa formación en la didáctica específica de la disciplina, por lo que al ingresar al servicio docente, sin importar su edad o los años que tengan de haber culminado sus estudios profesionales, la mayoría se encuentran en un estadio de profesores novatos (BROMME, 1988; REYES, ROMERO, 2011).

En otras palabras, el hecho de que un profesor tenga años de experiencia docente no implica de antemano que tenga una sólida formación pedagógica que le permita desarrollar adecuadamente sus funciones, esto debido a que la práctica docente requiere de formación y actualización permanente, que si bien, en algunos casos se trata de cubrir con cursos de formación y actualización surgidos en el interior de las mismas instituciones educativas, es bien sabido que son insuficientes e inadecuados la mayoría de las ocasiones.

Es necesario reflexionar no solo en el proceso de formación inicial docente, sino también en los de transformación y retroalimentación de los profesores que ya están en servicio, debido a que los cursos de

capacitación tendientes a desarrollar competencias para la aplicación de nuevas técnicas y métodos de enseñanza no siempre logran impactar la intención pedagógica. En el mejor de los casos, solo contribuyen a que el profesor se apropie de una terminología que debe conocer, pero que no domina y tampoco aplica en su práctica profesional, por lo que sólo se queda en una acción simulada. (SÁNCHEZ Y HUCHIM, 2015 p. 153)

En este sentido, TALANQUER (2004) menciona que “la mayoría de los maestros de ciencias han adquirido los conocimientos básicos de su materia en cursos con contenido meramente disciplinario, y su preparación pedagógica es resultado de su participación en cursos de educación general” (p. 60).

Sin embargo, el hecho de que un profesor de ciencias reciba por un lado formación disciplinar y por otro lado formación pedagógica no garantiza que sepa qué hacer con estos dos tipos de conocimiento para preparar adecuadamente sus lecciones y para sus intervenciones en clase.

En este sentido, se reporta en la literatura que desde hace varias décadas se ha venido desarrollando un constructo teórico denominado **conocimiento didáctico del contenido** (CDC), para tratar de caracterizar qué conocimientos disciplinares y pedagógicos debe poner en práctica un profesor de ciencias y cómo es que dichos conocimientos se desarrollan a través de la experiencia docente para conjuntar un repertorio de metodologías y técnicas de enseñanza/aprendizaje y evaluación que lo pueden catalogar como un buen profesor de ciencias (SHULMAN, 1986).

Dada la importancia que tiene la formación de profesores de física, y una vez que se ha identificado que el constructo denominado CDC puede adicionar elementos para el desarrollo de estos programas de formación, el objetivo de la presente investigación es aportar algunos elementos teóricos y metodológicos para caracterizar este tipo de conocimiento en los profesores, para lo cual se ha elegido a manera de caso particular el tópico de **gráficas cinemáticas**.

1. Marco teórico

SHULMAN (1986) desarrolló las primeras nociones de lo que él denominó inicialmente el *conocimiento profesional del profesor*. En este clasificó siete categorías o clases: (1) conocimiento del contenido, (2) el conocimiento pedagógico general, (3) el conocimiento pedagógico del contenido, (4) el conocimiento del currículum, (5) el conocimiento de los alumnos y sus características, (6) el conocimiento de los contextos educativos y (7) el conocimiento de los fines educativos. Fue la tercera categoría, el conocimiento pedagógico del contenido (PCK, por su sigla en inglés), denominado en este estudio como CDC, el que fue adquiriendo una mayor relevancia a lo largo del tiempo, y eventualmente se ha ido enriqueciendo con aportes de otros investigadores, primeramente en el contexto anglosajón, pero después traspasando fronteras hacia el ámbito de habla hispana (TALANQUER, 2004, 2014; GARRITZ, 2011, 2014). La propuesta central de SHULMAN era que en realidad es el profesor quien realiza una transformación de los conocimientos disciplinares en un nuevo conocimiento propio del profesor.

Con respecto a la importancia de la propuesta inicial, aunque a lo largo de los años el CDC ha evolucionado, VERGARA, COFRÉ (2014) afirman que “el aporte crucial de Shulman fue enfatizar que para enseñar un contenido no basta con saber el contenido y saber de pedagogía general, sino que se deben tener conocimientos específicos de la enseñanza de dicho contenido” (p. 326).

BOLÍVAR (2005) define el CDC como el “conjunto o repertorio de *construcciones pedagógicas*, resultado de la sabiduría de la práctica docente, normalmente con una estructura narrativa, referidas a un tópico específico” (p. 9).

El constructo del CDC ha evolucionado desde que SHULMAN (1986) lo propuso hasta el día de hoy, al grado de que, como lo menciona TALANQUER (2014), es difícil encontrar actualmente una propuesta de formación de profesores de ciencias que no esté basada en mayor o menor grado en este constructo.

Por su parte, KELLER, NEWMANN, FISCHER (2016) afirman que las investigaciones recientes en matemáticas y las asignaturas científicas apuntaron hacia el conocimiento didáctico del contenido de los maestros (CDC), como uno de los factores más influyentes que contribuyen al aprendizaje y el rendimiento de los estudiantes.

En concordancia con lo anterior, TALANQUER (2004) también afirma que los diversos resultados de los estudios sobre formación docente han arrojado que:

La habilidad de un docente para crear condiciones que faciliten el aprendizaje no sólo depende de sus conocimientos sobre el tema o sobre variados métodos de enseñanza, su éxito parece depender de la habilidad que tienen para transformar el conocimiento disciplinario que posee en formas que resulten significativas para sus estudiantes. (pp. 60, 61)

Al respecto, ETKINA (2005) menciona que tradicionalmente los programas de formación de nuevos profesores de física en Estados Unidos imparten por separado los cursos disciplinares, a través de los departamentos de física, y por otro, los cursos de pedagogía por medio del departamento de educación; sin embargo, no hay garantía de que ambos contenidos converjan en el profesor para generar CDC que lo convierta en experto. En México el panorama no es muy distinto, cuando se implementan medidas para actualizar a los docentes en servicio la estrategia es similar: por un lado se les han generado un conjunto de cursos de pedagogía en general y por otro (en menor medida) se les imparten cursos de formación disciplinar (SÁNCHEZ, HUCHIM, 2015).

Además, se debe aclarar que algunos autores afirman que se pueden distinguir dos tipos o categorías de CDC en los profesores: el *CDC declarativo* y el *CDC procedimental o en acción* (OLSZEWSKI, 2010).

En este orden de ideas, se debe tener claro que si a un profesor se le cuestiona sobre cómo se debe impartir un tópico en particular, al expresar sus ideas al respecto pondrá en juego el CDC declarativo, sin embargo sus ideas no necesariamente pueden

corresponder a lo que realiza en el aula, ya que las decisiones o acciones que lleva a cabo en clase corresponderán a un CDC procedimental o en acción.

El CDC declarativo se puede expresar en textos o entrevistas y corresponde a los conocimientos sobre didáctica específica que posee el profesor, por ejemplo, sobre las preconcepciones que mantienen los estudiantes acerca de un tópico específico. Por otro lado, el CDC procedimental es una habilidad que tiene que ver con la práctica, las decisiones y con las acciones realizadas durante las clases. (VERGARA, COFRÉ, 2014 p. 328)

Dada la complejidad que conlleva analizar el CDC en acción por medio de la observación directa de la práctica de los profesores de física, en este estudio lo que se propone es caracterizar el CDC declarativo en un tópico específico del currículum de física, en este caso se eligió la interpretación de gráficas cinemáticas, debido a que es un tópico recurrente en el currículum, específicamente en los cursos de mecánica en bachillerato y universidad, y además porque se ha reportado en la literatura que los estudiantes suelen presentar dificultades para entender este tema.

DOLORES, RIVERA (2016) afirman:

En la Educación Matemática y en la Física, hoy día se asume que la lectura e interpretación de las gráficas puede estimular los procesos cognitivos para procesar información y ayudar a comprender fenómenos de variación y cambio. Sin embargo, la interpretación de gráficas es una actividad compleja y desafiante, ya que muchos alumnos están familiarizados con gráficas, las pueden construir, pueden manipularlas con razonable exactitud, pero son incapaces de interpretar las características globales de la información contenida en ellas. (DOLORES, RIVERA, 2016 p. 131)

1.1 Sobre las dimensiones del CDC

COCHRAN, DERUITER, KING (1993, citados por BRINES, SOLAZ, SANJOSÉ, 2016) proponen que

la estructura del CDC de un profesor tiene cuatro componentes: i) pedagogía, ii) contenidos de la disciplina, iii) características de los estudiantes y iv) el contexto ambiental de aprendizaje.

Por otro lado, MAGNUSSON, KRAJCIK, BORKO (1999, citados por BRINES, SOLAZ, SANJOSÉ, 2016) proponen un modelo del CDC con cinco componentes: i) orientaciones para la enseñanza de las ciencias, ii) conocimientos sobre la comprensión de los estudiantes, iii) conocimientos sobre estrategias instruccionales, iv) conocimientos sobre el currículo de la disciplina científica y v) conocimientos para evaluar los aprendizajes científicos.

CAÑAL (2011) menciona que, en el proceso de formación, el CDC del profesor de ciencias puede experimentar avances paralelos en varios ejes de progresión que, si bien no son independientes entre sí, se pueden distinguir como componentes relevantes en el análisis de este desarrollo, los cinco ejes que identifican el CDC son:

1. Eje relativo a la naturaleza y la función didáctica del contenido.
2. Eje del ajuste cognitivo del contenido
3. Eje del ajuste afectivo-motivacional del contenido
4. Eje de diversidad de fuentes de información
5. Eje de organización de contenidos. (pp. 44-45)

De acuerdo con CAÑAL (2011), el profesor novato de física tiene un extenso e interesante trayecto de desarrollo profesional que transitar, en el cual deberá poner énfasis en la reflexión y desarrollo de una serie de tareas que se enlistan a continuación:

- i. El análisis reflexivo sobre su propia práctica, detectando aspectos no fundamentados, insatisfactorios o problemáticos.
- ii. El estudio sobre tipos de actividades y estrategias de enseñanza nuevas para el docente, que puedan ofrecer alternativas adecuadas para el desarrollo de los objetivos prioritarios o para solucionar otros aspectos concretos, mediante cursos, lecturas, consultas a asesores, colaboración con colegas, etc.

- iii. La introducción y la evaluación de innovaciones en la práctica.
- iv. El diseño y la ejecución de procesos de investigación escolar. (p. 47)

Por su parte, ETKINA (2010) menciona cinco aspectos del CDC que se relacionan con la enseñanza de la física:

- i) Orientación hacia la enseñanza de la ciencia;
- ii) Conocimiento de la currícula;
- iii) Conocimientos de los aprendizajes previos de los estudiantes y sus dificultades con conceptos clave y prácticas científicas;
- iv) Conocimiento de las estrategias de instrucción para ayudar a los estudiantes a aprender los conceptos clave y las prácticas de la ciencia; y v) Conocimientos de qué evaluar y estrategias específicas para evaluar los conceptos clave y las prácticas de los estudiantes. (ETKINA, 2010 p. 2)

Como se puede apreciar, existe consenso entre diversos autores sobre los elementos, aspectos o ejes en torno a los cuales se caracteriza el CDC, la mayoría coinciden en que un elemento fundamental del CDC debe ser el conocimiento de las estrategias más adecuadas para enseñar cierto tópico, también coinciden en que, como parte de un CDC desarrollado, el profesor debe identificar los errores conceptuales que puede cometer el estudiante y saber los obstáculos o dificultades que este tiene al tratar de entender cierto tópico a partir de ideas preconcebidas, así como tener un conocimiento amplio del currículum.

Para fines de esta investigación y con base en la revisión de la literatura, se adoptaron cinco dimensiones para caracterizar el CDC de los profesores de física: i) conocimientos y creencias sobre el currículum de física; ii) conocimientos y creencias sobre las dificultades de enseñar un tópico en específico de física; iii) conocimientos y creencias sobre las preconcepciones e ideas previas que tienen los estudiantes en un tópico específico de física; iv) conocimientos y creencias sobre el uso de recursos didácticos y estrategias para enseñar un tópico en particular de

física; y v) conocimientos y creencias sobre las formas más efectivas de evaluar un tópico en específico de física. Por lo que la atención se centrará en lograr la operacionalización de tales dimensiones, de forma que sea posible medir el nivel de CDC de un profesor de física en un tópico específico, lo cual se explicará a detalle en el apartado de metodología.

2. Antecedentes

HALIM, MOHD (2002) reportan los resultados de un estudio sobre *tópicos específicos* del CDC en la enseñanza de la física, tomando en cuenta solo dos componentes del constructo: i) los conocimientos de cómo los estudiantes comprenden algunos tópicos y los errores conceptuales sobre estos; y ii) conocimientos de estrategias y representaciones para un tópico específico. Estos autores se valieron tanto de entrevistas como de la observación de los profesores en entrenamiento para caracterizar la variable de estudio.

REYES, ROMERO (2011) llevaron a cabo un estudio de caso en el cual analizaron el CDC de una profesora experimentada en el tópico específico del movimiento ondulatorio, utilizando el instrumento denominado CoRe (*representación de contenidos*: LOUGHRAN, BERRY, MULHALL, 2012), con el cual pudieron categorizar lo que la profesora considera las grandes ideas que los estudiantes deben aprender sobre el tópico de ondas.

BRINES, SOLAZ, SANJOSÉ (2016) desarrollaron un estudio comparativo sobre el tópico específico de pilas galvánicas de profesores de física de nivel secundaria con experiencia y en formación, en el que descubrieron que tanto los profesores experimentados como los novatos tienen un nivel de CDC que no se considera deseable para la enseñanza de este tópico, sin embargo, concluyen que está más desarrollado en los profesores con más años de experiencia, usaron como instrumento las preguntas del CoRe.

Al respecto, BROMME (1988) reporta los resultados de un estudio comparativo entre profesores experimentados y profesores novatos, acuña el término de *profesores expertos* para referirse a aquellos

que han acumulado, a lo largo de su trayectoria, la experiencia que les permite tomar decisiones más acertadas en su labor docente, ya sea al momento de planear la clase o al identificar las dificultades que los estudiantes están teniendo para entender un tópico de la clase, por citar dos ejemplos. Este tipo de profesor no sigue directamente las estrategias que le han enseñado en su formación pedagógica, sino que construye sus propias estrategias; la reflexión de su práctica es fundamental para lograr avanzar en su conocimiento profesional, un rasgo poco usual en los profesores considerados novatos; en este sentido, un profesor puede tener años de experiencia, pero la escasa reflexión de su práctica le puede mantener en un estadio de novato, en otras palabras, los años de experiencia como profesor de física no necesariamente contribuyen a que este sea experto; sino más bien la profunda reflexión sobre su práctica docente.

MARIES, SINGH (2013) efectuaron un estudio cuantitativo con estudiantes recién graduados de la carrera de Física, quienes se encontraban en un curso de entrenamiento para ser profesores y que ya fungían como profesores asistentes en cursos introductorios de laboratorio, exploraron un aspecto en particular con los recién graduados: pedirles que identificaran los posibles errores que sus estudiantes podrían cometer al contestar el test estandarizado TUG-K (test para el entendimiento de gráficas cinemáticas: BEICHNER, 1994), en el estudio se llegó a la conclusión de que en algunos casos, al pedirles a los graduados que respondieran a la pregunta del test, incurrieron en los mismos errores que comúnmente cometen los estudiantes.

Como se puede apreciar en la revisión de antecedentes, aunque existen diversos trabajos que reportan haber estudiado el CDC de profesores de física, en general son estudios de caso en los que se analiza a un profesor o a un grupo reducido de profesores, debido a lo que se considera la complejidad para caracterizar este constructo.

La mayoría de los diseños de investigación son estudios de casos constituidos por entre uno y veinte

integrantes, donde se utilizan instrumentos de recolección de datos como: cuestionarios, entrevistas, mapas conceptuales, observación participante, pensamiento en voz alta, y estímulo del recuerdo. (DE JONG et al., 2002; LOUGHRAN, et al., 2000, citados por CANDELA, VIÁFARA, 2014 p. 94)

De las investigaciones que se están citando, algunos autores consideraron pertinente utilizar para el estudio del constructo, el instrumento conocido como CoRe, que fue reportado en la literatura por LOUGHRAN, BERRY, MULHALL, (2012), y que es considerado un instrumento estandarizado y validado para tales efectos, sin embargo, dada su naturaleza (un CoRe consiste en ocho preguntas abiertas, que se le hacen a un profesor respecto a un tópico específico que enseña), estudiar las respuestas de los profesores requiere de un profundo análisis cualitativo.

Más adelante, en el apartado de operacionalización de la variable, se detallan las diferencias entre un CoRe y la propuesta para caracterizar el CDC que emerge de esta investigación.

3. Metodología

Para la presente investigación se desarrolló un diseño no experimental (debido a que no se modificó variable alguna), y fue un estudio mixto (cuantitativo y cualitativo) desde la perspectiva metodológica, desarrollado en tres etapas: en la primera etapa, mediante la técnica de investigación documental (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ, BAPTISTA, 2010), se construyó una definición conceptual y operacional de la variable que se pretende caracterizar (el CDC de los profesores de física en el tópico específico de gráficas cinemáticas); posteriormente en una segunda etapa se realizó la validación de contenido por jueces expertos, y como tercera etapa se implementó una validación estadística mediante el cálculo del índice de confiabilidad alfa de Cronbach.

La etapa de la validación por jueces expertos tuvo una naturaleza cualitativa, al interpretar diferentes concepciones para la depuración de la definición

operacional de la variable; mientras que la etapa de validación estadística del constructo fue de naturaleza cuantitativa, ya que el interés de esta fase se centró en determinar la confiabilidad de la medida de la variable CDC.

El CDC, como un elemento de la cognición del profesor, no puede ser medido directamente como una variable observable (PINTO, GONZÁLEZ, 2008); sin embargo, es posible medirlo en forma indirecta a través de lo que los profesores conocen, hacen y de las razones por las que actúan de determinada manera; incluso a través de sus propias concepciones, creencias, perspectivas y valores (TALANQUER, 2014; GARRITZ, 2014; PADILLA, GARRITZ, 2014).

Por lo anterior, se optó por emplear como instrumento de medida un banco de reactivos de respuesta cerrada en una escala tipo Likert, al ser la clase de instrumento más empleado cuando se trata de indagar acerca de creencias, concepciones y actitudes (CORRAL, 2010). La primera versión del instrumento fue sometida a la validación de tres jueces quienes propusieron la depuración del banco de reactivos; posteriormente se implementó un proceso de piloteo recurriendo para ello a un grupo de 42 profesores de física en servicio.

Posterior a la depuración que se hizo tras la validación de los jueces y a la fase de implementación o piloteo con profesores, se realizó el análisis estadístico del instrumento, para medir su confiabilidad, utilizando para ello el *software* comercial SPSS© versión 20.

3.1 Operacionalización de la variable CDC

Para caracterizar el CDC declarativo de los profesores por medio de entrevistas, está reportado en la literatura un cuestionario abierto denominado CoRe (LOUGHRAN, BERRY, MULHALL, 2012), que aborda de forma cualitativa diversos aspectos de la práctica docente del profesor y se puede ajustar a cualquier tópico.

Un CoRe (Representación de Contenido) ofrece una visión general de cómo un determinado grupo de

maestros conceptualizan el contenido de un tema particular. Un CoRe se desarrolla pidiendo a los maestros que piensen en lo que ellos consideran ser las "grandes ideas" asociadas con la enseñanza de cierto tópico en particular, basado en su experiencia al enseñar ese tema. (LOUGHRAN, BERRY, MULHALL, 2012 p. 17)

Un CoRe, a pesar de contener valiosa información y posibilidades para la comprensión de CDC, no es por sí mismo el CDC, porque la información representada en un CoRe tiende a ser de carácter proposicional, y por lo tanto limitada en términos de proporcionar una visión de las experiencias de la práctica de los profesores. (LOUGHRAN, BERRY, MULHALL, 2012 p. 19)

Debido a la limitación de poder observar la práctica docente de un grupo de profesores, se optó por solo indagar el CDC declarativo, sin embargo, aplicar el CoRe tal cual está definido por sus autores, requiere de una inversión de tiempo considerable, pues aunque consiste en un cuestionario abierto de tan solo ocho preguntas, debido a la naturaleza de estas, se requiere una profunda reflexión del docente para contestarlo, algunos autores sugieren que el CoRe podría entregarse al profesor y darle varios días para que piense sobre sus respuestas, además el tipo de datos cualitativos que se obtienen de las respuestas de los profesores, son complejos de analizar. Por lo anterior, se decidió hacer una re-conceptualización del test denominado CoRe e instrumentarlo por medio de una escala de medición de actitudes, ya que existe consenso en que parte del conocimiento de un profesor, está dictado por sus creencias en torno a la disciplina que enseña.

En este contexto, para VÁZQUEZ (1994):

El pensamiento del profesor, las creencias del profesor sobre la enseñanza, sus concepciones sobre cómo aprenden los alumnos y respecto a las interacciones que se establecen durante el aprendizaje en el aula se han convertido en un paradigma central de la investigación sobre el desarrollo profesional de los docentes. (p. 159)

Como se mencionó en el apartado anterior, a partir de la revisión de la literatura sobre las dimensiones del CDC y las preguntas que aborda el instrumento CoRe, se adoptaron las cinco dimensiones que, para nuestros fines, permitieron operacionalizar la variable por medio de ítems que representarán a cada dimensión, como se muestra en la tabla 1.

Cabe señalar que esta primera propuesta de operacionalización del CDC es general, en el sentido de que aún no se ha elegido un tópico en particular para explorar el CDC del profesor, posteriormente al haber elegido el tópico de gráficas cinemáticas, es que se le da la especificidad y se proponen los ítems para la escala Likert.

Posteriormente se construyó un banco de poco más de 50 ítems (10 ítems en promedio por dimensión) con el que se generó una primera versión de cuestionario para caracterizar el CDC declarativo de los profesores en el tópico específico de la interpretación de gráficas cinemáticas. Se procedió a una depuración del banco de reactivos, atendiendo a dos criterios: la validez y la confiabilidad del instrumento.

De acuerdo con HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ, BAPTISTA (2010), la confiabilidad es un concepto que aparece cuando al llevar a cabo una investigación, se desea medir una variable, para esto se requiere usar (si es que ya existen) o crear instrumentos que permitan medir dicha variable. La confiabilidad se refiere al grado en que el instrumento aplicado sistemáticamente al mismo grupo de individuos arroja resultados similares en cada aplicación, la confiabilidad se puede expresar como un índice que va desde cero hasta uno, donde *cero* representa *ausencia de confiabilidad* y *uno* es *confiabilidad total*.

Existen diferentes formas de medir la confiabilidad de un instrumento, sin embargo, la más reportada en estudios donde se diseñan test o cuestionarios como el que aquí se propone, es por medio del coeficiente conocido como alfa de Cronbach, que puede ser calculado por programas estadísticos como SSPS®, cuando el instrumento se ha utilizado (piloteado) y se cuentan con datos (las respuestas del cuestionario).

Tabla 1. Definición operacional de la variable del CDC.

| Dimensión del conocimiento didáctico del contenido del profesor | Parámetros (preguntas del CoRe) | Indicadores |
|---|--|--|
| <p>1 Conocimientos y creencias sobre el currículum de física.</p> | <p>¿Qué es lo que intenta que los estudiantes aprendan respecto a este tópico?</p> <p>¿Por qué es importante que los estudiantes aprendan esto?</p> <p>¿Qué más sabe sobre este tópico, y que considera que los estudiantes aún no deben aprender?</p> | <p>1.1 Identifica las relaciones transversales y longitudinales entre los diferentes cursos de la disciplina en la que aparece el tópico en particular a enseñar.</p> <p>1.2 Identifica la importancia del tópico a enseñar en la currícula del estudiante.</p> <p>1.3 Identifica lo más y lo menos importante de aprender sobre el tópico en cuestión.</p> |
| <p>2 Conocimientos y creencias sobre las dificultades de enseñar un tópico en específico de física.</p> | <p>¿Cuáles son las dificultades y/o limitaciones asociadas con la enseñanza de este tópico?</p> | <p>2.1 Identifica cuáles son los principales obstáculos con los que el estudiante se enfrenta al tratar de aprender el tópico en particular.</p> <p>2.2 Identifica cuáles son las áreas de oportunidad que como profesor tiene al enseñar el tópico en particular.</p> <p>2.3 Identifica qué sería deseable que los estudiantes aprendan sobre ese tópico en particular, pero que no puede enseñarle por las limitaciones que existen.</p> |
| <p>3 Conocimientos y creencias sobre las preconcepciones e ideas previas que tienen los estudiantes en un tópico específico de física.</p> | <p>¿Qué tipo de ideas, errores conceptuales o preconcepciones tienen formados los estudiantes que influyen en la enseñanza de este tópico?</p> <p>¿Qué otros factores influyen en la enseñanza de este tópico?</p> | <p>3.1 Identifica cuáles son los preconcepciones que tienen los estudiantes sobre el tópico a enseñar.</p> <p>3.2 Identifica cómo los preconcepciones que tienen los estudiantes respecto al tópico en particular, dificulta su correcto entendimiento.</p> <p>3.3 identifica la naturaleza de los preconcepciones o ideas erróneas que los estudiantes tienen respecto al tópico a enseñar.</p> |
| <p>4 Conocimientos y creencias sobre el uso de recursos didácticos y estrategias para enseñar un tópico en particular de física.</p> | <p>¿Qué estrategias de enseñanza conoce que son efectivas para enseñar este tópico y por qué lo son?</p> | <p>4.1 Identifica qué tipo de recursos didácticos son más aptos para enseñar el tópico en particular.</p> <p>4.2 Identifica las necesidades de utilizar diferentes recursos didácticos para abordar un tópico en particular.</p> <p>4.3 Identifica cuáles son las estrategias más efectivas para tratar de enseñar un tópico en particular.</p> |
| <p>5 Conocimientos y creencias sobre las formas más efectivas de evaluar un tópico en específico de física.</p> | <p>¿Cuáles son las formas específicas de determinar la comprensión o confusión que los estudiantes tienen respecto a este tópico?</p> | <p>5.1 Identifica las diferentes estrategias de evaluación para evaluar un tópico en particular.</p> <p>5.2 Identifica los diferentes recursos que puede emplear para evaluar un tópico en particular.</p> <p>5.3 Identifica los indicadores representativos que permiten saber si los estudiantes han comprendido un tópico en particular.</p> |

Fuente: elaboración propia a partir de ETKINA, 2010, y LOUGHRAN, BERRY, MULHALL, 2012.

Por otro lado, el concepto de validez, según HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ, BAPTISTA, (2010), se refiere al grado en que el instrumento realmente mide la variable que se desea medir, y se puede establecer desde tres enfoques: validez de contenido, validez de criterio y validez de constructo; siendo esta tercera la más importante porque tiene que ver con las teorías que soportan la variable que se va a medir.

Es aceptado que se puede garantizar la validez de contenido del instrumento, sometiéndolo al juicio de expertos, en este caso, investigadores reconocidos en el área que se aborda, quienes revisan cada ítem del instrumento y emiten a su juicio si este realmente está midiendo la variable en cuestión (ARIAS, 2006; CORRAL, 2010).

Siguiendo este criterio, se sometió el banco original de aproximadamente 50 reactivos al jueceo de tres expertos en didáctica de la física, tres investigadores reconocidos que además han trabajado sistemáticamente en formación de profesores de física (dos de ellos trabajan en México y el tercero en Colombia). A partir de las sugerencias de los tres jueces, se modificó el instrumento acotándolo a 30 reactivos por sugerencia de uno de ellos y equiparando el número de reactivos por dimensión a sugerencia de otro, por lo que la versión final del instrumento constó de 30 reactivos (6 por dimensión, ver anexo 1).

Además de depurar el número de ítems o reactivos, se modificó la redacción de varios de ellos, a sugerencia de los jueces, además de cambiar algunos de dimensión, y de incluir gráficas de apoyo en algunos ítems (esto en la versión final aplicada vía Formularios Google). Cuando se tuvo la operacionalización de la variable en su versión final, se lanzó el test a una muestra representativa de profesores de física para poder ser piloteado y calcular su confiabilidad. El test para tal efecto denominado GC-CDC fue suministrado a una muestra de 42 profesores de física en servicio de nivel bachillerato y universidad en forma electrónica por medio de la plataforma libre Formularios Google, ya fuera enviando directamente el enlace a los participantes para acceder a este o enviando una invitación a contestarlo por

medio de correo electrónico, el único requisito para contestarlo fue que el profesor al menos en una ocasión hubiera impartido el curso de Mecánica (que es donde se aborda el tópico elegido), algunos de los ítems por dimensión se muestra en la tabla 2.

El instrumento en general tuvo un coeficiente alfa de Cronbach de 0,817, lo que significa que tiene un grado de consistencia interna aceptable, esto es, que es una medida estable y reproducible; más propiamente asume que los ítems miden un mismo constructo y que además tienen un alto grado de correlación (WELCH, COMER, 1988).

Diversos autores reportan que un coeficiente alfa de Cronbach entre 0,7 y 0,8 (CORRAL 2010; GEORGE, MALLERY, 2003), se considera aceptable. NUNALLY (1978) y HUH, DELORME, REID (2006) argumentan que un alfa de Cronbach mayor a 0,6 es aceptable para estudios básicos, iniciales o exploratorios, como es nuestro caso; en tanto que CASTAÑEDA et al. (2010) lo consideran moderado.

4. Conclusiones

Se propuso el diseño y la validación de un instrumento para tratar de caracterizar el constructo denominado CDC para profesores de física sobre un tópico específico del currículo. Tras la revisión de la literatura se adoptaron cinco dimensiones que caracterizan al constructo del CDC, sin importar el área del conocimiento o el tópico a enseñar; a partir de estas, se optó por reconceptualizar un instrumento ya reportado en la literatura por diversos autores que han usado para caracterizar el CDC (CoRe). El aporte de este trabajo consiste en que se pasó de un instrumento cualitativo, que por su naturaleza requiere de un tiempo considerable para su aplicación y posterior análisis de la información, a instrumentarlo en un cuestionario cerrado en escala Likert, que permite aplicarlo a un número considerable de profesores que pueden contestar en un tiempo relativamente corto, y cuyo análisis se vuelve cuantitativo, lo que facilita situar el nivel de CDC del profesor en una escala numérica determinada por sus respuestas.

Tabla 2. Definición operacional definitiva de la variable del CDC, usada para el piloteo (se muestran solo algunos de los ítems por dimensión, para la versión completa ver anexo 1).

| Dimensión del conocimiento del profesor | Subdimensión | Indicadores | Descripción (ítem) |
|---|---|--|--|
| 1. Conocimientos y creencias sobre el currículum de física. | ¿Qué es lo que intenta que los estudiantes aprendan respecto a gráficas cinemáticas? ¿Por qué es importante que los estudiantes aprendan a interpretar y construir gráficas cinemáticas? ¿Qué más sabe sobre gráficas cinemáticas, y qué considera que los estudiantes aún no deben aprender? | 1.1 Identifica relación del tópico en particular de física con otros tópicos del programa de estudios. 1.2 Identifica relación del tópico en particular de física con otros tópicos de física. 1.3 Identifica lo más y lo menos importante de aprender sobre el tópico en cuestión. | El tema de interpretación de gráficas cinemáticas contribuye a la conformación del perfil de egreso de los estudiantes. |
| | | | La interpretación de gráficas cinemáticas es necesaria para avanzar en temas posteriores del programa de estudios de física. |
| 2. Conocimientos y creencias sobre las dificultades de enseñar un tópico en específico de física. | ¿Cuáles son las dificultades y/o limitaciones asociadas con la enseñanza de gráficas cinemáticas? | 2.1 Identifica cuáles son los principales obstáculos con los que el estudiante se enfrenta al tratar de aprender el tópico en particular. 2.2 Identifica cuáles son las áreas de oportunidad que como profesor tiene al enseñar el tópico en particular. 2.3 Identifica qué sería deseable que los estudiantes aprendan sobre ese tópico en particular, pero que no puede enseñarles por las limitaciones que existen. | Hay temas de geometría analítica y de cálculo que resultan indispensables para que los estudiantes interpreten gráficas cinemáticas. |
| | | | Suelo explicar la construcción de las gráficas de posición, velocidad y aceleración para el mismo objeto. |
| 3. Conocimientos y creencias sobre las preconcepciones e ideas previas que tienen los estudiantes en un tópico específico de física | ¿Qué tipo de ideas, errores conceptuales o preconcepciones tienen formados los estudiantes que influyen en la enseñanza de la interpretación de gráficas cinemáticas? ¿Qué estrategias y recursos conoce que son efectivos para enseñar a interpretar gráficas cinemáticas? | 3.1 Identifica cuáles son los preconcepciones que tienen los estudiantes sobre el tópico a enseñar. 3.2 Identifica cómo los preconcepciones que tienen los estudiantes respecto al tópico en particular, dificulta su correcto entendimiento. 3.3 Identifica la naturaleza de los preconcepciones o ideas erróneas que los estudiantes tienen respecto al tópico a enseñar. | Los estudiantes tienen dificultades para diferenciar entre la gráfica de una pelota lanzada hacia arriba, con la de una pelota en caída libre. |
| | | | Los estudiantes suelen creer que si la gráfica de posición contra tiempo es una parábola, entonces la trayectoria del objeto es una parábola. |
| 4. Conocimientos y creencias sobre el uso de recursos didácticos y estrategias para enseñar un tópico en particular de física. | ¿Qué estrategias de enseñanza conoce que son efectivas para enseñar a interpretar gráficas cinemáticas y por qué lo son? | 4.1 Identifica qué tipo de recursos didácticos son aptos para enseñar el tópico en particular. 4.2 Identifica las necesidades de utilizar diferentes recursos didácticos para abordar un tópico en particular. 4.3 Identifica cuáles son las estrategias más efectivas para tratar de enseñar un tópico en particular. | Necesito utilizar recursos didácticos diferentes a los que habitualmente uso para explicar la interpretación de gráficas cinemáticas. |
| | | | Utilizo en clase videos de objetos en movimiento, para tratarlos de relacionar con sus gráficas cinemáticas. |
| 5. Conocimientos y creencias sobre las formas de evaluar un tópico en específico de física. | ¿Cuáles son las formas específicas de determinar la comprensión o confusión que los estudiantes tienen respecto a la interpretación de gráficas cinemáticas? | 5.1 Identifica las diferentes estrategias de evaluación para un tópico en particular. 5.2 Identifica los diferentes recursos que puede emplear para evaluar un tópico en particular. 5.3 Identifica los indicadores representativos que permiten saber si los estudiantes han comprendido un tópico en particular. | Incluyo preguntas sobre interpretación de gráficas cinemáticas en las evaluaciones de temas de cinemática. |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Coeficientes alfa de Cronbach por dimensión y general del test GD CDC.

| Dimensión | Descripción | Número de ítems | Alfa de Cronbach |
|-----------|--|-----------------|------------------|
| CDC 1 | Conocimientos y creencias sobre el currículum de física | 6 | 0,744 |
| CDC 2 | Conocimientos y creencias sobre las dificultades de enseñar un tópico en específico de física | 6 | 0,703 |
| CDC 3 | Conocimientos y creencias sobre las preconcepciones e ideas previas que tienen los estudiantes en un tópico específico de física | 6 | 0,696 |
| CDC 4 | Conocimientos y creencias sobre el uso de recursos didácticos y estrategias para enseñar un tópico en particular de física | 6 | 0,615 |
| CDC 5 | Conocimientos y creencias sobre las formas de evaluar un tópico en específico de física | 6 | 0,627 |
| General | Instrumento total | 30 | 0,817 |

Fuente: elaboración propia.

El análisis estadístico que se hizo al pilotear el cuestionario con una muestra representativa de profesores de física arrojó como resultados que, si bien el test es perfectible y particularmente los ítems de algunas de las dimensiones pudieran mejorarse para tener una mayor consistencia interna, en términos generales el test es confiable basado en el criterio del coeficiente alfa de Cronbach.

Como todo instrumento de esta naturaleza, tras su primera versión presentada en este estudio, una forma de mejorarlo sería utilizarlo sistemáticamente aplicándolo a profesores de física, al mismo tiempo que se tuviera oportunidad de contrastar sus resultados con otra fuente de información, por ejemplo con entrevistas no estructuradas a algunos de esos profesores, lo anterior podría facilitar identificar cuáles ítems del instrumento se pueden modificar para mejorar su consistencia interna.

Es importante mencionar que todos ítems del cuestionario GC-CDC (ver anexo 1) están redactados de tal forma que a mayor puntuación en la escala, mayor nivel de CDC declarativo exhibe el profesor, a excepción de dos ítems que pertenecen a la dimensión CDC3; los ítems 4 y 16 del test están redactados de tal forma que a menor puntuación es mayor el nivel

de CDC del profesor, esto de acuerdo con la definición operacional de dicha dimensión (ver tabla 2). Lo anterior significa que la mayor puntuación que se podría obtener en el test en términos generales no se debe considerar como 120 (que sería el resultado de multiplicar la máxima puntuación en la escala por el número de ítems) y en particular la mayor puntuación a obtener en la dimensión CDC3 no es de 24.

Consideramos que, si otros investigadores están interesados en replicar la metodología aquí propuesta para tratar de caracterizar el CDC de profesores de física en un tópico distinto al de las gráficas cinemáticas, este trabajo les puede brindar elementos para hacerlo, ya que la metodología propuesta se verá enriquecida y fortalecida, en la medida que se tengan más indicios de que se puede replicar para distintos tópicos de física e inclusive de otras ciencias, con las debidas adecuaciones para cada caso.

El CDC es un constructo difícil de caracterizar debido a su naturaleza como un tipo de conocimiento sumamente especializado que poseen los profesores, en este sentido estamos conscientes de las limitaciones que conlleva tener una aproximación desde el enfoque únicamente del CDC declarativo, sin embargo consideramos de relevancia el aporte

de plantear una metodología que permita, partiendo de un instrumento de naturaleza cualitativa, llegar a un test de naturaleza cuantitativa, con las ventajas que resultan para su aplicación.

[El CDC] no es una entidad única que sea la misma para todos los maestros de una materia determinada; es una experiencia particular con idiosincrasias individuales y diferencias importantes que están influenciadas por (al menos) el contexto de enseñanza, el contenido y la experiencia. Puede ser el mismo (o similar) para algunos profesores y diferente para otros, pero es, sin embargo, una piedra angular del conocimiento profesional de los maestros. (LOUGHRAN, BERRY, MULHALL, 2012 p. 7)

Por último, aunque existen reportes de investigación que han abordado por un lado el problema de la interpretación de gráficas cinemáticas por parte de estudiantes y profesores, utilizando recurrentemente el test de conocimientos sobre este tópico TUG-K (BEICHNER, 1994); y por otro lado, existen diversos estudios que reportan haber investigado el CDC de profesores de física desde el enfoque cualitativo, no hemos identificado aún en la literatura un cuestionario como el que se obtuvo como resultado de este trabajo, para caracterizar el CDC en ese tópico específico de forma cuantitativa.

5. Referencias bibliográficas

- ARIAS, F. **El proyecto de investigación: introducción a la metodología científica**. Episteme, C.A. Caracas: Venezuela. 2006.
- ÁVILA, A.; PÉREZ, V.; SANTILLÁN, M. La formación de profesores de matemáticas en el CCH. En Barrera, F. et al. (eds). MEMORIAS DEL SEGUNDO CONGRESO NACIONAL SOBRE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y EL APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS. pp. 59-65, Pachuca, Hidalgo, 2008.
- BEICHNER, R. Testing student interpretation of kinematics graphs. **American Journal of Physics**, Maryland, v. 62, n. 8, pp. 750-756. 1994.
- BOLÍVAR, A. Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. **Revista de Currículum y Formación del Profesorado**. Granada, España, v. 9, n. 2, pp. 1-39. 2005.
- BRINES, A.; SOLAZ, J.; SANJOSÉ, V. Estudio exploratorio comparativo del conocimiento didáctico del contenido sobre pilas galvánicas de profesores de secundaria en ejercicio y en formación. **Revista Enseñanza de las Ciencias**. Barcelona, España, v. 34, n. 2, pp. 107-127. 2016.
- BROMME, R. Conocimientos profesionales de los profesores. **Revista Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, España, v. 6, n. 1, pp.19-29. 1988.
- CANDELA, B.; VIÁFARA, R. Articulando la CoRe y los Pa-Per al programa educativo por orientación reflexiva: Una propuesta de formación para profesorado de química. **TED: Tecné, Epistemé y Didaxis**, Bogotá, Colombia, n. 35, pp. 89-111. 2014.
- CAÑAL, P. Competencia científica y competencia profesional en la enseñanza de las ciencias. En: CAAMAÑO, A. (coord.). **Didáctica de la Física y de la Química Vol II**. Editorial Grao. Barcelona: España, pp. 35-52. 2011.
- CASTAÑEDA, M.B. *et al.* **Procesamiento de datos y análisis estadísticos usando SPSS**. CEES/PUCRS. Brasil. 2010.
- CORRAL, Y. Diseño de cuestionarios para recolección de datos. **Revista Ciencias de la Educación**. Carabobo, Venezuela, v. 20, n. 36, pp. 152-168. 2010.
- DOLORES, C.; RIVERA, M. Una experiencia didáctica con incidencia en la interpretación de gráficas cinemáticas. **Revista de la Escuela de Ciencias de la Educación**. Rosario, Argentina, v. 2, n. 11, pp. 129-154. 2016.
- ESTADOS UNIDOS. National Research Council (NRC). **National Science Education Standards**. National Academy Press. Washington D.C. 1996.
- ETKINA, E. Physics teacher preparation: Dreams and reality. **Journal of Physics Teacher Education**, EE. UU., v. 3, n. 2, pp 3-9. 2005.

- ETKINA, E. Pedagogical content knowledge and preparation of high school physics teachers. **Physics Education Research**, Colorado, EE. UU., v. 6, pp. 1-26. 2010.
- GARRITZ, A. Conocimiento Didáctico del Contenido. Mis últimas investigaciones: CDC en lo afectivo, sobre la estequiometría y la indagación. **TED: Tecné, Epistemé y Daxis**, Bogotá, Colombia, n. 30, pp.68-81. 2011.
- GARRITZ, A. Creencias de los profesores, su importancia y cómo obtenerlas. **Educación Química**, México, v. 25, n. 2, pp. 88-92. 2014.
- GEORGE, D.; MALLERY, P. **SPSS for Window Step by Step. A simple Guide and Reference**. Allyn & Bacon. Boston: EE. UU. 2003.
- HALIM, L.; MOHD, S. Science trainee teacher's pedagogical content knowledge and its influence on physics teaching. **Research in Science & Technology Education**. Londres, v. 20, n. 2, pp. 216-225. 2002.
- HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, M. **Metodología de la Investigación**. 5a. edición. Editorial McGraw Hill. México. 2010.
- HIRSCH-ALDER, A. **Investigación Superior: Universidad y Formación de Profesores**. Segunda reimpresión. Editorial Trillas. México. 1998.
- HUH, J.; DELORME, D.E.; REID, L.N. Perceived third-person effects and consumer attitudes on preventing and banning DTC advertising. **The Journal of Consumer Affairs**, Hoboken, Nueva Jersey, EE. UU., n. 40, pp. 90-116. 2006.
- KELLER, M.; NEUMANN, K.; FISCHER, H. The Impact of Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge and Motivation on Students' Achievement and Interest. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, Nueva Jersey EE. UU., v. 54, n. 5, pp. 586-614. 2016.
- LOUGHRAN, J.; BERRY, A.; MULHALL, M. **Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge**. Second Edition. Sense Publishers. Boston: EE. UU. 2012.
- MARIES, A.; SINGH, C. Exploring one aspect of pedagogical content knowledge of teaching assistants using the test of understanding graphs in kinematics. **Physics Education Research**, Reston, VA, EE. UU., v. 9, pp. 1-14. 2013.
- MERINO, J. Los retos de la enseñanza de la física del siglo XXI. **Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales**, Barcelona, España, n. 33, pp. 1-3. 2002.
- NUNNALLY, J. **Psychometric Theory**. McGraw-Hill. Nueva York: EE. UU. 1978.
- OLSZEWSKI, J. **The Impact of Physics Teacher's Pedagogical Content Knowledge on Teachers' Action and student outcomes**. Logos. Berlín: Alemania. 2010.
- PADILLA, K.; GARRITZ, A. Creencias Epistemológicas de dos profesores-investigadores de la Educación Superior. **Educación Química**, México, v. 25, n. 3, pp. 343-353. 2014.
- PINTO, J.; GONZÁLEZ, M. El Conocimiento didáctico del contenido en el profesor de matemáticas: ¿Una cuestión ignorada? **Educación Matemática**, México, v. 20, n. 3, pp. 83-100. 2008.
- REYES, J.; ROMERO, G. Conocimiento didáctico del contenido del profesor de física experimentado en la enseñanza del movimiento ondulatorio. **Revista EDUCyT**. Cali, Colombia, v. 4, pp. 3-15. 2011.
- RIVEROS, H.; JIMÉNEZ, E.; RIVEROS, D. **Cómo mejorar mi clase de física: nivel medio superior**. Editorial Trillas. México. 2004.
- SÁNCHEZ, C.; HUCHIM, D. Trayectorias docentes y desarrollo profesional en el nivel medio superior. **CPU-e Revista de Investigación Educativa**. Veracruz, México, n. 21, pp. 148-167. 2015.
- SHULMAN, L. Those who understand: knowledge growth in teaching. **Educational Research**, Londres, v. 15, n. 2, pp. 4-14. 1986.
- TALANQUER, V. Formación docente: ¿Qué distingue a los buenos maestros de química? **Educación Química**, México, v. 15, n. 1, pp. 60-66. 2004.
- TALANQUER, V. Razonamiento Pedagógico Específico sobre el Contenido (RPEC). **Educación Química**, México, v. 25, n. 3, pp. 391-397. 2014.
- VÁZQUEZ, A. Concepciones iniciales sobre la enseñanza en profesores de ciencias de secundaria

en formación. **Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado**, Zaragoza, España, n. 21, pp. 159-173. 1994.

VERGARA, C.; COFRÉ, H. Conocimiento pedagógico del contenido: ¿El paradigma perdido en la formación inicial y continua de profesores en

Chile? **Estudios Pedagógicos**, Valdivia, Chile, v. XL, n. esp. 1, pp. 323-338. 2014.

WELCH, S.; COMER, J. **Quantitative Methods for Public Administration: techniques and Applications**. Cole Publishing Co. Three Lakes: EE. UU. 1988.

Anexo 1. Versión final del test GC-CDC que se implementó posteriormente en Formularios Google con ligeras modificaciones y que fue piloteado para la investigación reportada en este artículo.

| | | | |
|--|--|--|--|
| Instituto Politécnico Nacional Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada CICATA Legaria “Doctorado en Física Educativa” | | INSTRUMENTO: Test GC-CDC CUESTIONARIO PARA ESTUDIO DIAGNÓSTICO VARIABLE : <u>CDC</u> “Conocimiento Didáctico del Contenido en Interpretación de Gráficas Cinemáticas” | |
| INSTRUMENTO: GC-CDC | DOCENTES DE FÍSICA DE NIVEL MEDIO SUPERIOR Y SUPERIOR | FECHA: NOVIEMBRE DE 2017 | |
| <p>CONFIDENCIALIDAD: Estimado docente, este cuestionario tiene la finalidad de recuperar información acerca de sus percepciones sobre aspectos de la práctica educativa. La información suministrada será resguardada de manera confidencial, teniendo como utilidad fines estrictamente académicos y de investigación.</p> | | | |
| Nombre: | | Edad: | |
| Tiempo laborando en su institución: | | Sexo: M _____ F _____ | |
| Antigüedad como docente de física: | | | |
| Asignaturas de física que ha impartido: | | Bachillerato o licenciaturas dónde las ha impartido: | |
| Formación profesional (licenciatura o carrera): | | | |
| Estudios de posgrado : Sí _____ No _____ | | ¿Qué estudios de posgrado tiene? | |
| Cursos de formación y/o actualización docentes: Sí _____ No _____ | | Describa alguno(s) de los cursos de actualización que ha recibido, o que recuerde con mayor agrado: | |

INSTRUCCIONES: Va a encontrar una serie de afirmaciones que describen diversas situaciones respecto a su labor como docente de física en un tópico específico. Para cada afirmación existen cinco opciones de respuesta, marque una cruz en el recuadro que corresponde a su opinión, de acuerdo a la siguiente escala:
 (0) muy en desacuerdo o nunca; (1) en desacuerdo o la mayoría de las veces no; (2) ni de acuerdo ni en desacuerdo o algunas veces sí, algunas veces no; (3) de acuerdo o la mayoría de las veces sí; (4) muy de acuerdo o siempre.

| No. | Clave | Reactivo | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------|-------|--|---|---|---|---|---|
| 1 (5) | CDC1 | Las gráficas de variables cinemáticas ayudan a entender algunos conceptos de matemáticas. | | | | | |
| 2 (10) | CDC2 | Al resolver problemas de cinemática, los estudiantes deben también construir las gráficas cinemáticas de las variables. | | | | | |
| 3 (1) | CDC1 | El tema de interpretación de gráficas cinemáticas contribuye a la conformación del perfil de egreso de los estudiantes. | | | | | |
| 4 (18) | CDC3 | Los estudiantes pueden describir cómo es la trayectoria de un objeto a partir de su gráfica de velocidad contra tiempo. | | | | | |
| 5 (15) | CDC3 | Los estudiantes suelen creer que si la gráfica de posición contra tiempo es una recta con pendiente diferente de cero, el objeto se mueve en un plano inclinado con la misma pendiente que la gráfica. | | | | | |
| 6 (8) | CDC2 | Para interpretar gráficas cinemáticas los estudiantes deben entender los conceptos de física que se involucran. | | | | | |
| 7 (19) | CDC4 | Necesito utilizar recursos didácticos diferentes a los que habitualmente uso para explicar la interpretación de gráficas cinemáticas. | | | | | |
| 8 (26) | CDC5 | Incluyo preguntas sobre interpretación de gráficas cinemáticas en las evaluaciones de temas de cinemática. | | | | | |
| 9 (30) | CDC5 | Solicito en los reportes de actividades prácticas, que los estudiantes incluyan gráficas de variables cinemáticas. | | | | | |
| 10 (22) | CDC4 | Busco recursos didácticos en la red para explicar el tema de interpretación de gráficas cinemáticas. | | | | | |
| 11 (3) | CDC1 | Considero que mis estudiantes deben aprender a interpretar gráficas cinemáticas. | | | | | |
| 12 (9) | CDC2 | Uso conceptos de cálculo para explicar a mis estudiantes la interpretación de gráficas cinemáticas. | | | | | |
| 13 (13) | CDC3 | Los estudiantes tienen dificultades para diferenciar entre la gráfica de una pelota lanzada hacia arriba, con la de una pelota en caída libre. | | | | | |
| 14 (27) | CDC5 | Promuevo el uso de <i>software</i> de videoanálisis para la interpretación de gráficas cinemáticas. | | | | | |

Continúa

Continuación

| | | | | | | | |
|---------|------|---|--|--|--|--|--|
| 15 (6) | CDC1 | Las gráficas de variables cinemáticas ayudan a entender algunos conceptos de ingeniería. | | | | | |
| 16 (17) | CDC3 | Los estudiantes entienden por qué son diferentes las gráficas de posición contra tiempo y de velocidad contra tiempo de un mismo objeto. | | | | | |
| 17 (25) | CDC5 | Para evaluar a los estudiantes en interpretación de gráficas cinemáticas, les pido que dibujen gráficas a partir de información cinemática del objeto. | | | | | |
| 18 (12) | CDC2 | Suelo explicar la construcción de las gráficas de posición, velocidad y aceleración para el mismo objeto. | | | | | |
| 19 (20) | CDC4 | Reflexiono sobre la forma en que debo explicar a mis alumnos la interpretación de gráficas cinemáticas. | | | | | |
| 20 (23) | CDC4 | Utilizo en clase videos de objetos en movimiento, para tratarlos de relacionar con sus gráficas cinemáticas. | | | | | |
| 21 (7) | CDC2 | Hay temas de geometría analítica y de cálculo que resultan indispensables para que los estudiantes interpreten gráficas cinemáticas. | | | | | |
| 22 (4) | CDC1 | La interpretación de gráficas cinemáticas es necesaria para avanzar en temas posteriores del programa de estudios de física. | | | | | |
| 23 (16) | CDC3 | Los estudiantes suelen pensar que si las gráficas de posición y velocidad contra tiempo tienen la misma forma, entonces ambas representan el mismo objeto en movimiento. | | | | | |
| 24 (28) | CDC5 | Promuevo el uso de <i>software</i> de geometría dinámica para la interpretación de gráficas cinemáticas. | | | | | |
| 25 (11) | CDC2 | Suelo explicar a los estudiantes la relación entre la pendiente de la recta tangente a una gráfica de posición, con la velocidad. | | | | | |
| 26 (2) | CDC1 | Interpretar gráficas cinemáticas ayuda a los estudiantes a entender otros temas de física. | | | | | |
| 27 (14) | CDC3 | Los estudiantes suelen creer que si la gráfica de posición contra tiempo es una parábola, entonces la trayectoria del objeto es una parábola. | | | | | |
| 28 (24) | CDC4 | Utilizo “applets” interactivos de internet para explicar la interpretación de gráficas cinemáticas. | | | | | |
| 29 (29) | CDC5 | Desde mi experiencia, las actividades prácticas permiten evaluar la interpretación de gráficas cinemáticas. | | | | | |
| 30 (21) | CDC4 | Utilizo <i>software</i> para apoyar mis explicaciones sobre la interpretación de gráficas cinemáticas. | | | | | |