

## INVESTIGACIÓN ORIGINAL

DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v65n4.58650>

# Conocimiento pedagógico de contenido en docentes de fisiología

## *Pedagogical content knowledge (PCK) in physiology professors*

Recibido: 27/06/2016. Aceptado: 20/09/2016.

Jorge Enrique Correa-Bautista<sup>1,2</sup><sup>1</sup> Universidad del Rosario - Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud - Centro de Estudios de la Medición en Actividad Física CEMA - Bogotá D.C. - Colombia.<sup>2</sup> Universidad del Rosario - Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud - Grupo de investigación en Educación Médica y Ciencias de la Salud - Bogotá D.C. - Colombia.Correspondencia: Jorge Enrique Correa-Bautista. Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario. Calle 63c No 26-57, oficina CEMA. Teléfono: +57 1 2970200, ext.: 3428. Bogotá D.C., Colombia. Correo electrónico: [jorge.correa@urosario.edu.co](mailto:jorge.correa@urosario.edu.co).[| Resumen |](#)

**Introducción.** El conocimiento pedagógico de contenido (CPC) es un saber especializado resultado de la práctica y la experiencia del docente en el aula. Se requiere avanzar en la comprensión del conocimiento pedagógico del docente universitario que enseña fisiología humana.

**Objetivo.** Explorar los tipos de contenidos, el conocimiento de los estudiantes, las estrategias y representaciones didácticas, la evaluación y las orientaciones pedagógicas utilizadas por docentes universitarios que enseñan contenidos sobre la fisiología del sistema respiratorio.

**Materiales y métodos.** Estudio múltiple de caso realizado en cuatro docentes de fisiología pertenecientes a un programa de medicina. Se aplicó el cuestionario de representaciones de contenido de manera autodiligenciada, se realizaron videograbaciones de las clases de fisiología del sistema respiratorio y se empleó el protocolo de registro de evidencia del CPC.

**Resultados.** La población estuvo conformada por cuatro sujetos, dos docentes expertos y dos novatos. Se caracterizó la forma en que entienden los procesos de aprendizaje de los estudiantes, el conocimiento que tienen sobre las estrategias y representaciones que utilizan y el conocimiento sobre los distintos enfoques de evaluación del aprendizaje. Cada docente evidenció visión y propósitos de enseñanza diferentes.

**Conclusiones.** El estudio de los componentes del CPC es necesario para visibilizar la pedagogía y la didáctica del docente que enseña fisiología humana.

**Palabras clave:** Conocimiento; Docentes médicos; Educación; Enseñanza; Fisiología (DeCS).

Correa-Bautista JE. Conocimiento pedagógico de contenido en docentes de fisiología. Rev. Fac. Med. 2017;65(4):589-94. Spanish. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v65n4.58650>.

[| Abstract |](#)

**Introduction:** Pedagogical content knowledge (PCK) refers to specialized knowledge resulting from the practice and experience of the teacher in the classroom. It is necessary to make progress in the understanding of the pedagogical knowledge of the university professor who teaches human physiology.

**Objective:** To explore the types of contents, knowledge of the students, teaching strategies and representations, assessment and pedagogical guidelines used by university professors who teach physiology of the respiratory system.

**Materials and methods:** Multiple case study conducted in four physiology professors of a medical program. A self-directed content representation questionnaire was applied, physiology classes related to the respiratory system were videotaped, and a record of evidence protocol for PCK was used.

**Results:** The population consisted of four subjects: two expert and two novice professors. The way in which they understood the learning processes of the students, the knowledge they have about the strategies and representations they use and about the different approaches to evaluate learning were characterized. Each professor showed a different vision and teaching purpose.

**Conclusions:** Studying PCK components is necessary to make visible the pedagogy and didactics used by professors who teach human physiology.

**Keywords:** knowledge; Education; Teaching; Physiology.

Correa-Bautista JE. [The pedagogical content knowledge (PCK) teachers in physiology]. Rev. Fac. Med. 2017;65(4):589-94. Spanish. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v65n4.58650>.

**Introducción**

El conocimiento pedagógico de contenido (CPC) es un constructo teórico que proviene de las ciencias de la educación. En los últimos

años, este ha tomado relevancia en la instrucción continua de profesores en distintas disciplinas (1).

Lee Shulman (2,3) conceptualizó el CPC y lo definió como aquel saber resultado de la intersección (amalgama) entre el conocimiento del contenido de la materia y las estrategias utilizadas para la enseñanza. A través del CPC, el docente consigue reflexionar, razonar y retroalimentar su ejercicio pedagógico para hacerlo más efectivo (4).

Por otro lado, la docencia universitaria, en disciplinas tan específicas como la fisiología humana, se caracteriza por ser una actividad compleja y poco investigada; esto se debe a la riqueza de contenidos a ser enseñados, la diversidad de contextos de enseñanza (aula, laboratorio y contextos clínicos), la riqueza relacional entre conceptos y los fundamentos de la química y la física necesarios para la comprensión de las funciones del ser humano (5,6). Lo anterior hace evidente la complejidad del conocimiento disciplinar y la importancia del actuar pedagógico del docente universitario en fisiología. De esta forma, el profesor debe construir, transformar y conjugar los contenidos disciplinares con sus experiencias de vida y de práctica profesional para facilitar la comprensión y el razonamiento fisiológico en sus estudiantes.

Así mismo, la fisiología como asignatura dentro de los programas de medicina se ubica en los primeros semestres y tiene un número importante de estudiantes por curso, lo que dificulta su enseñanza y aprendizaje (7). Por ello, el docente centra sus esfuerzos en cubrir los contenidos disciplinares necesarios, quedando sin tiempo para reflexionar y trabajar por los objetivos pedagógicos de la enseñanza (8,9).

Para fines prácticos, la docencia universitaria en fisiología puede ser entendida como aquella actividad de construcción social y académica que se realiza dentro de las instituciones de educación superior en salud, y cuya finalidad es la enseñanza y el aprendizaje de la fisiología (10).

En la mayoría de los casos, el docente de fisiología opera por intuición frente a las exigencias y circunstancias que le impone el proyecto educativo institucional (PEI) y el currículo del programa, tal como lo refiere Da Silva (11) en un estudio realizado en 53 profesores de medicina en una universidad brasileña, en donde el 68.32% no contaba con formación pedagógica. Frente a ello, buena parte de las prácticas pedagógicas en fisiología son el resultado de un modelo de enseñanza academicista, vertical y magistral, en el cual se priorizan los contenidos y la formación disciplinar del docente por encima de una pedagogía reflexiva universitaria (12,13).

El CPC rompe con este modelo de enseñanza, ya que hace visible el conocimiento pedagógico que construye el docente sobre cómo enseñar una disciplina, el cual es fruto de la experiencia en el aula; a su vez, el aula es el lugar donde el docente transforma lo que conoce en conocimiento enseñable o comprensible para los estudiantes (14,15). Para Cochran (16), el CPC es el conocimiento que distingue a los docentes que enseñan una ciencia (pedagogos) de los científicos que la investigan.

Por otro lado, Magnusson *et al.* (17) y Abell (18) mencionan que el CPC está constituido por cinco componentes: la visión y el propósito de la enseñanza; el conocimiento que tiene el docente sobre cómo aprenden sus estudiantes; el conocimiento sobre el currículo; las creencias, estrategias y representaciones que el docente usa en la enseñanza, y el conocimiento sobre cómo evaluar el aprendizaje de sus estudiantes. Del mismo modo, Garritz (19) y Park & Oliver (20) proponen un sexto componente relacionado con la “eficacia en el actuar del docente”. Por su parte, Otero (21) y Zembylas (22) sugieren considerar las emociones asociadas a la experiencia pedagógica del docente como el componente “afectivo” del CPC.

Por su parte, Garritz & Trinidad-Velasco (23) proponen cuatro fuentes para identificar los componentes del CPC: la experiencia acumulada del docente en el aula, la formación disciplinar, el nivel de formación y la formación en pedagogía y didáctica del docente.

En lo que respecta al CPC en docentes de fisiología, son escasos los trabajos; sin embargo, Trujillo *et al.* (24) exploraron, en instructores de biología y fisiología, aspectos del CPC relacionados con las dificultades de aprendizaje que los estudiantes encuentran al momento de aprender los mecanismos de fisiología celular y molecular utilizando el modelo MACH (métodos, analogías, contextos y formas) como estrategia de aprendizaje.

En complemento con lo anterior, otros estudios han sido desarrollados alrededor de los componentes del CPC, tales como el mapeo de estrategias de aprendizaje en estudiantes de fisiología (25,26), la identificación de prácticas de enseñanza en procedimientos de medición (27) o el uso de analogías para entender mecanismos de la fisiología respiratoria (28) y los principios de la difusión (29) o como recurso didáctico en la enseñanza de la fisiología (30).

Por tanto, el presente estudio tuvo como objetivo explorar el CPC en docentes universitarios que enseñan contenidos fisiológicos sobre la función ventilatoria considerando los cinco componentes planteados por Magnusson *et al.* (17) y Abell (18).

## Materiales y métodos

Esta investigación constituye un estudio múltiple de caso y su método forma parte de las metodologías cualitativas, en donde se describen aquellos casos que dan una mayor oportunidad de aprendizaje en términos de particularidades (31). De tal suerte, este tipo de metodología permite conocer cómo piensan los docentes seleccionados y cómo se constituyen los componentes del CPC.

## Participantes

Con base en la información obtenida del área de fisiología de un programa de medicina, se escogieron cuatro docentes del total del cuerpo profesoral (n=7) con que cuenta la unidad académica. Esta selección se realizó a través de un muestreo de casos extremos (32) que consistió en realizar una distribución por cuadrantes de los siete docentes teniendo como criterios la experiencia docente en años por el eje X y la experiencia profesional en el Y. Una vez distribuidos, se escogieron los sujetos que se ubicaron en los extremos del cuadrante inferior interno y superior externo con mayor y menor experiencia profesional y docente. Los cuatro docentes escogidos aceptaron participar de forma voluntaria en el estudio a través de la firma de un consentimiento informado.

A continuación se describen los aspectos relacionados con la vida académica de cada docente:

*Docente 1.* Profesional en medicina que se encuentra realizando su internado en el departamento de fisiología. Forma parte de un programa de relevo generacional en docencia, es la primera vez que enseña y tiene 8 meses de experiencia docente.

*Docente 2.* Profesional en medicina con estudios de postdoctorado en el área de neumología. Se considera un docente universitario con conocimiento disciplinar especializado sobre la fisiología de la función respiratoria y tiene 2 años de experiencia docente.

*Docente 3.* Profesional en medicina que cuenta con una maestría y tiene 6 años de experiencia docente.

*Docente 4.* Profesional en medicina que cuenta con especialización clínica y tiene 5 años de experiencia docente.

Este estudio contó con la aprobación del comité de ética de la universidad en donde se obtuvieron los datos (No. CEI-ABN026-000151). En todo momento se resguardó el anonimato de los informantes.

Para obtener información de los cinco componentes del CPC en los docentes seleccionados, fue necesario emplear dos instrumentos: el cuestionario de representaciones de contenido (ReCo) y el Protocolo de Registro de Evidencia (PRE) de los componentes del CPC, los cuales se aplicaron a las grabaciones de las clases de los docentes de fisiología seleccionados.

### Cuestionario de representación de contenido (ReCo)

Diseñado por Mulhall *et al.* (33), su propósito es identificar los conceptos o ideas centrales que el docente enseña alrededor de la función ventilatoria. El ReCo es una rúbrica que identifica los conceptos o ideas centrales que el docente busca enseñar. Raviolo & Garriz (34) lo consideran un inventario que indaga, a través de ocho preguntas, acerca del conocimiento del docente sobre las dificultades y limitaciones en el proceso de aprendizaje, las didácticas que el docente utiliza y las estrategias de evaluación. Asimismo, indaga sobre los propósitos de enseñanza y los contenidos que imparte (35). Dentro de las ventajas del ReCo se encuentra su capacidad narrativa y metafórica, la cual permite registrar lo que el docente piensa y hace dentro del aula (36).

A cada docente se le explicó el diligenciamiento del cuestionario y se le indicó cómo debería ser elaborado. Fue necesario escribir un Re-Co por cada concepto o idea central propuesta. Dos días después se realizó un segundo encuentro para revisar y retroalimentar el correcto diligenciamiento del mismo.

### Protocolo de registro de evidencia de los componentes del CPC

Propuesto por Park & Oliver (20), consiste en una lista de chequeo verificada por dos observadores independientes, codificados con las iniciales de sus nombres y apellidos (JECB-RRV), quienes analizaron las videograbaciones de las clases de los cuatro docentes y registraron las actividades relacionadas con cada uno de los componentes del CPC. Se efectuaron 9 horas, 23 minutos y 59 segundos de videograbaciones (7 horas, 29 minutos y 59 segundos magistrales y 1 hora, 54 minutos y 0 segundos prácticas) de ocho sesiones programadas dentro del plan de la signatura. Se utilizó una cámara Sony Handycam Visión, Video 8 y los registros fueron hechos en casetes de video de 8mm.

En cuanto al procedimiento de grabación, la cámara fue puesta de forma fija a una distancia de 4-5m enfocando al docente. Esta técnica de videograbación se considera una técnica de observación directa (37) y tiene la ventaja de no afectar el ambiente de enseñanza-aprendizaje del aula (38). El análisis de los datos consistió en sistematizar y codificar toda la información obtenida de los instrumentos aplicados de manera individual y por pares de docentes (expertos y novatos).

Las ReCo fueron sometidas a lecturas analíticas, para lo que se crearon códigos y familias a través del programa Atlas Ti (The Qualitative Data Analysis & Research Software). Los PRE-CPC fueron analizados por dos observadores independientes, cada uno realizó dos revisiones a las videograbaciones asignada y se registró el número de actividades observadas. Luego, se contabilizó el número de actividades identificadas por observado y se estimó el coeficiente de correlación intraclase (0.690 (0.674-0.696)  $p=0.001$ ) para evaluar el grado de concordancia entre observadores.

La utilización de los dos instrumentos permitió obtener información acerca del conocimiento sobre las estrategias y representaciones

en fisiología (CERF), el conocimiento sobre el aprendizaje de los estudiantes de fisiología (CAEF), el conocimiento sobre la evaluación del aprendizaje en fisiología (CEAF), el conocimiento sobre el currículo en fisiología (CCF) y la visión y propósito de la enseñanza (VPE) en cada uno de los cuatro docentes.

## Resultados

En este estudio múltiple de caso participaron cuatro docentes de fisiología profesionales en medicina, tres hombres y una mujer con edad promedio de 31 años  $\pm 6.3$ . Siguiendo los criterios de Atkinson & Claxton (39), dos se consideraron docentes expertos y reportaron una experiencia  $\geq 5$  años en la docencia, mientras que los otros dos fueron considerados novatos y reportaron una experiencia  $\leq 2$  años; tres indicaron tener formación postgradual y uno solo de pregrado.

Se obtuvieron catorce conceptos o ideas centrales que los docentes consideran fundamentales en la enseñanza de la fisiología de la función ventilatoria. (Tabla 1).

Tabla 1. Ideas centrales de los docentes.

Ideas	Docentes novatos		Docentes expertos	
	1	2	3	4
Leyes de la física y la química	X			
Flujo del CO <sub>2</sub> y O <sub>2</sub>	X			
El papel de la sangre en el transporte de gases	X	X		
La función respiratoria y circulación de los pulmones	X			
Mecánica ventilatoria		X		X
Intercambio gaseoso	X	X	X	
Espirometría		X		
Capacidades y volúmenes pulmonares		X		
Principios de la difusión			X	X
Control de la respiración		X		X
Metabolismo celular			X	
Ley de Boyle			X	
Ley de Laplace			X	
Patrones anormales de la respiración				X

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 1 se relacionan los conceptos o ideas centrales propuestos por los docentes. Los docentes expertos proponen conceptos menos descriptivos de la fisiología y más enfocados en los principios de la física y la bioquímica, aplicados a las capacidades y los fundamentos del metabolismo celular necesarios para explicar los fenómenos fisiológicos relacionados con la respiración celular y el intercambio gaseoso. Los docentes novatos se centraron más en priorizar los conceptos fisiológicos en sí mismos.

A continuación, se presenta una síntesis general sobre la conceptualización de cada uno de los componentes del CPC, resaltando los aspectos diferenciadores entre los docentes expertos y novatos (Tabla 2).

En la Tabla 2 se relacionan los componentes del CPC identificados en los docentes estudiados. En lo que respecta a la VPE, los cuatro profesores presentan diferentes visiones y propósitos de enseñanza: los novatos se enfocaron en los aspectos disciplinares y centraron su interés en lo conceptual y en la rigurosidad científica, mientras que los

expertos se centraron en facilitar el aprendizaje de la fundamentación según su visión y propósito de enseñanza.

**Tabla 2.** Componentes del conocimiento pedagógico de contenido en los docentes de fisiología.

Componente		Docentes novatos		Docentes expertos		
		1	2	3	4	
1) Visión y propósitos de enseñanza (VPE)	Cambio conceptual	X				
	Rigurosidad académica científica		X			
	Actividades dirigidas			X		
	Promoción de actividades didácticas				X	
2) Conocimiento sobre el aprendizaje en la enseñanza de la fisiología (CAEF)	El conocimiento de anatomía ayuda a aprender fisiología	X				
	Aprendizaje situado		X			
	Hábitos de estudio			X		
	Aprendizaje relacional				X	
3) Conocimiento sobre Estrategias y representaciones utilizadas en fisiología (CERF)	a) Estrategias	Definiciones	X			
		Preguntas	X	X		
		Instrucciones	X	X		
		Resolución de problemas		X	X	
		Ejemplos		X		
		Demostraciones en laboratorio		X		
		Guías de estudio			X	
		Revisión de términos y hechos			X	
		Mapas conceptuales				X
		Mentefactos conceptuales				X
		Glosario de términos				X
	b) Representaciones	Analogías	X	X	X	
		Gráficas	X	X	X	X
		Modelos conceptuales	X	X	X	
		Modelos matemáticos	X	X	X	
		Modelos físicos	X	X		
		Representaciones científicas	X	X		
		Esquemas				X
		Simulación virtual				X
4) Conocimiento sobre la evaluación del aprendizaje en fisiología (CEAF)	Sumativo	X				
	Mixto		X			
	Formativo			X	X	
5) Conocimiento sobre el currículo en fisiología (CCF)	Ningún conocimiento	X	X		X	
	Currículo oculto			X		

Fuente: Elaboración propia.

Sobre el CAEF, los docentes que se consideraron novatos tienen un conocimiento del aprendizaje que se relaciona con factores del contexto, por lo que proponen un aprendizaje situado o de dependencia a otro tipo de conocimiento disciplinar como el conocimiento anatómico.

Por otro lado, los docentes expertos proponen aspectos del aprendizaje relacionados con los hábitos de estudio y el aprendizaje relacional. Al igual que en los resultados del componente del CPC anterior, cada docente expone un conocimiento de aprendizaje diferente.

Frente al CERF, se evidencia un amplio espectro de estrategias y representaciones utilizadas en la enseñanza por parte de los docentes. Este espectro personifica el acervo de los recursos didácticos que utilizan los profesores para facilitar el aprendizaje de la fisiología sobre la función ventilatoria. Dentro de las estrategias más utilizadas se encuentran las preguntas, las instrucciones, la resolución de problemas, las representaciones, las analogías, las gráficas y el uso de modelos conceptuales y matemáticos.

Respecto al CEAF, los docentes expertos comparten un conocimiento de la evaluación desde un enfoque formativo de esta, mientras que los novatos comparten un enfoque sumativo y mixto. Los profesores de fisiología, en general, no evidencian un conocimiento profundo sobre las distintas estrategias que podrían utilizar para evaluar el aprendizaje del estudiante en su área; asimismo, no utilizan la evaluación como un recurso de retroalimentación y aprendizaje de la fisiología.

Por otro lado, dentro del grupo estudiado de docentes no se encontraron evidencias sobre el conocimiento curricular en fisiología (CCF). Los demás docentes no presentan información con la que se pueda identificar sus conocimientos sobre el currículo, salvo un docente que insinuó aspectos sobre currículo oculto.

## Discusión

En lo que respecta a las diferencias del CPC entre los docentes, tal como lo plantean Veal & Kubasko (40), no se encuentran discrepancias profundas. Lo que sí se evidenció fue que el CERF, el CAEF y el CEAF se relacionan entre sí e inciden de forma directa sobre la VPE de cada docente estudiado.

Otro hallazgo es el poco conocimiento sobre los enfoques curriculares que tienen los docentes de fisiología, ya que solo un profesor manifestó aspectos del currículo oculto. En este sentido, Sáenz-Lozada *et al.* (41) evaluaron los efectos de programas de formación en pedagogía en docentes clínicos y tomaron concepto de los enfoques curriculares en 50 docentes clínicos; estos docentes reportaron mejoras en sus habilidades de comunicación, de evaluación y de enseñanza, así como un mejor desempeño que aporta a la formación de sus estudiantes.

El abordaje del CPC en el docente universitario de fisiología humana es complejo, ya que indagar sobre cinco componentes e integrarlos en un solo conocimiento requiere de experticia del investigador; así mismo, el abordaje es enmarañado dada la multiplicidad de acciones que el docente realiza para lograr el aprendizaje. El abordaje integrativo del CPC en estos docentes debe ser sintético y desde un mirada holística, tal como lo sugieren Cochran *et al.* (42). Las VPE son diferentes en los docentes, pues ratifican el hecho de que el CPC es una construcción personal fruto de la experiencia en el aula de cada profesor.

El CPC no es un conocimiento terminado, este se encuentra en constante transformación. En virtud de lo anterior, los docentes que se consideraron novatos mostraron una intención de transformación de los componentes del CPC, mientras que los docentes expertos evidenciaron una tendencia a la integración de los componentes, tal como lo había reportado Davis (43). Estas diferencias muestran la forma en que la experiencia docente configura la expresión del CPC en expertos y novatos.

En este trabajo se identificaron y abordaron con plenitud tres fuentes principales del CPC en los docentes de fisiología: la formación disciplinar, la experiencia en el ejercicio docente y las observaciones

de las experiencias del docente en el aula, acordes con lo propuesto por Garritz (44). Otras fuentes del CPC identificadas fueron las representaciones de enseñanza con que fueron formados los docentes y las formas de aprendizaje que los docentes utilizan para comprender la fisiología; estas también influyen en la manera en que los docentes organizan y estructuran el conocimiento disciplinar.

Frente a las visiones y propósitos de la enseñanza en los docentes de fisiología, los docentes expertos tienen una orientación mucho más general y centrada en la pedagogía, así como lo propusieron Sanders *et al.* (45). Los docentes expertos tenían como propósito la promoción de actividades dirigidas y didácticas; mientras que los novatos se centraron en el aprendizaje de conceptos y la rigurosidad científica, aspectos propios de los contenidos disciplinares, tal como lo mencionó Friedrichsen (46).

En lo que se refiere al CERF, este juega un papel esencial como forma de desarrollo del razonamiento fisiológico en el estudiante. Se requiere que los estudiantes desarrollen mejores competencias interpretativas frente a las representaciones usadas por los docentes, tales como la interpretación de gráficas y tablas de datos, esenciales para comprender los cambios en la función ventilatoria.

Es necesario implementar nuevas estrategias didácticas basadas en las tecnologías de la información y la comunicación. Otro aspecto relevante de mencionar es el referente a los modelos conceptuales y matemáticos, los cuales sintetizan y explican procesos fisiológicos complejos y evidencian que la mayor dificultad de los estudiantes está en la falta de dominio del lenguaje matemático.

En lo que respecta a los ideales que los docentes tienen sobre los aprendizajes de los estudiantes, se identificaron tres creencias: 1) los estudiantes cuentan con buenos conocimientos de anatomía, lo que les permite aprender con mayor facilidad la fisiología del sistema respiratorio; 2) la integración de la anatomía y la fisiología es la base del razonamiento clínico, y 3) el aprendizaje de la fisiología se obtiene cuando el estudiante explica lo que ocurre en la clínica.

Los docentes son conscientes de las dificultades y los errores más comunes que comenten los estudiantes durante el proceso de aprendizaje. La carga académica a la que se encuentra sometido el estudiante es la principal dificultad para aprender, por lo que el tiempo de dedicación de estudio es insuficiente frente a las diferentes asignaturas que toma a la vez. Asimismo, el error más común que los docentes identifican en los estudiantes es el intento de aprender fisiología de memoria, razón por la que tienden a olvidar los conceptos en la clínica. Frente a ello, son pocas las acciones o las actividades que los docentes proponen para superar las dificultades o para minimizar dichos errores.

Por otro lado, es incuestionable la importancia en el uso de las analogías y modelos conceptuales y matemáticos para la enseñanza de la fisiología. Todos los docentes observados dentro del aula utilizaron, en buena medida, este recurso didáctico para explicar fenómenos fisiológicos importantes del sistema respiratorio.

Otro elemento por considerar es el hecho de que cualquier sujeto que asume el ejercicio de la docencia en fisiología cuenta con la capacidad y la posibilidad de construir su propio CPC. Las anteriores implicaciones confirman la epistemología constructivista y pedagógica de este modelo, por lo que tal conocimiento no podría ser reducido simplemente a la didáctica dentro del aula o al uso de la instrucción y el dominio en los métodos de enseñanza.

El CPC en los docentes universitarios en fisiología debe ser considerado un elemento fundamental de investigación, ya que es una expresión apropiada de las formas de pensar, aprender y enseñar por parte de los docentes, no solo en lo que se refiere al conocimiento disciplinar sino también en el conocimiento del currículo, la evaluación, la didáctica, el aprendizaje y la pedagogía.

Como fortaleza de este trabajo cabe mencionar la utilización de instrumentos propios del CPC, el poder contar con una muestra de docentes expertos y novatos, el abordaje integrador y sintético utilizado y el uso de métodos de observación no participativa que poco afecta el ambiente de enseñanza y aprendizaje dentro del aula.

Las limitaciones del presente estudio son inherentes a su carácter de estudio de caso; además, la existencia del sesgo de selección limita la participación de otros docentes de fisiología humana dentro del estudio, y la utilización de instrumentos de reporte y observación puede verse afectada por los prejuicios sociales o culturales. No obstante, este trabajo aplicó el protocolo de registro de observación propuesto por Park & Oliver (20). Las limitaciones descritas no comprometen los resultados obtenidos.

Este trabajo de investigación abre un camino para construir evidencia sobre el CPC en el docente universitario en salud como una categoría de estudio dentro de la investigación en educación en ciencias de la salud.

Es necesario continuar haciendo esfuerzos por explorar y profundizar sobre el CPC del docente de fisiología, en particular con su forma de pensar y conocer las dificultades que enfrentan dentro del aula, esto con el fin de hacer visible la pedagogía y la didáctica en fisiología.

## Conclusiones

En la actualidad, hay elementos suficientes que justifican el papel protagónico que tiene el CPC como objeto de interés investigativo dentro de las ciencias. La mayoría de las investigaciones alrededor de este tema han abierto en los últimos años una línea de interés que trata de comprender el conocimiento profesional del docente universitario y sus repercusiones sobre la calidad de la enseñanza dentro de la educación superior. La investigación sobre el CPC en la enseñanza de las ciencias fisiológicas permite entender el ejercicio del docente universitario en salud, lo que enaltece y consolida su papel; en este sentido, se aporta evidencia sobre el CPC en docentes universitarios en salud.

## Conflicto de intereses

Ninguno declarado por el autor.

## Financiación

Ninguna declarada por el autor.

## Agradecimientos

A los docentes y los estudiantes del programa de medicina que de forma voluntaria participaron en este estudio.

## Referencias

1. Kind V. Pedagogical content knowledge in science education: Perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*. 2009;45:169-204. <http://doi.org/fbrzxr>.
2. Shulman LS. Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*. 1986;15(2):4-14.
3. Shulman LS. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*. 1987;57(1):1-21.
4. Miller ML. Pedagogical content knowledge. In: Bodner GM, Orgill M, editors. *Theoretical frameworks for research in chemistry/science education*. London: Pearson Education; 2007. p. 86-107.

5. **Granados-Ziñiga J.** La enseñanza de las ciencias básicas en medicina desde la perspectiva de la justificación epistemológica del currículo. *Revista Educación.* 2009;33(2):51-60.
6. **Michael J.** What makes physiology hard for students to learn? Results of a faculty survey. *Adv Physiol Educ.* 2007;31(1):34-40. <http://doi.org/bpzcr3>.
7. **Badenhorst E, Mamede S, Abrahams A, Bugarith K, Friedling J, Gunston G, et al.** First-year medical students' naïve beliefs about respiratory physiology. *Adv Physiol Educ.* 2016;40(3):342-8. <http://doi.org/ccj2>.
8. **West JB.** Thoughts on teaching physiology to medical students in 2002. *Physiologist.* 2002;45(5):391-3.
9. **Modell HI.** Helping students make sense of physiological mechanisms: the "view from the inside". *Adv Physiol Educ.* 2007;31(2):186-92. <http://doi.org/dgzhn2>.
10. **Correa JE.** El conocimiento pedagógico de contenido y las competencias del docente universitario en fisiología [tesis doctoral]. Bogotá, D.C.: Universidad Pedagógica Nacional; 2013.
11. **Da Silva-Campos Costa NM.** La formación pedagógica de profesores de medicina. *Rev. Latino-Am. Enfermagem.* 2010;18(1):102-8.
12. **Jarauta-Borrascas B, Medina-Moya JL.** La formación pedagógica inicial del profesorado universitario: repercusión en las concepciones y prácticas docentes. *magis, Revista Internacional de Investigación en Educación.* 2009;2:357-70.
13. **Schneider RM, Plasman K.** Science Teacher Learning Progressions: A Review of Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Development. *Review of Educational Research.* 2011;81(4):530-65. <http://doi.org/d486gc>.
14. **Berry A, Loughran J, Van Driel JH.** Revisiting the Roots of Pedagogical Content Knowledge. *International Journal of Science Education.* 2008;30(10):1271-9. <http://doi.org/b98tnm>.
15. **Sutherland S, Stuhr PT, Ayvazo S.** Learning to teach: pedagogical content knowledge in adventure-based learning. *Physical Education and Sport Pedagogy.* 2016;21(3):233-48. <http://doi.org/ccj3>.
16. **Cochran KF.** Pedagogical Content knowledge: Teachers' transformations of subject matter. In: Lawrenz F, Krajcik J, Simpson P, editors. *Research matters... to the science teacher.* NARST Monograph, Number five. Manhattan, KS: National Association for Research in Science Teaching; 1992. p.3-10.
17. **Magnusson S, Krajcik J, Borko H.** Nature, sources and development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In: Gess-Newsome EJ, Lederman NG, editors. *Examining pedagogical content knowledge.* Dordrecht the Netherlands: Kluwer; 1999. p. 95-132.
18. **Abell SK.** Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education.* 2008;30(10):1405-16. <http://doi.org/cstxxw>.
19. **Garriz-Ruiz A.** La afectividad en la enseñanza de la ciencia. *Educación Química.* 2009;20(Suppl):s212-9.
20. **Park S, Oliver JS.** Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education.* 2008;38(3):261-84.
21. **Otero MR.** Emociones, Sentimientos y Razonamientos en Didáctica de las Ciencias. *Rev. Electrónica. Invest. Educ. Cienc.* 2006;1(1):25-53.
22. **Zembylas M.** Emotional ecology: The intersection of emotional knowledge and pedagogical content knowledge in teaching. *Teaching and Teacher Education.* 2007;23(4):355-67. <http://doi.org/dr4rdn>.
23. **Garriz A, Trinidad-Velasco R.** El conocimiento pedagógico de contenido. *Educación Química.* 2004;15(2):1-6.
24. **Trujillo CM, Anderson TR, Pelaez NJ.** An instructional design process based on expert knowledge for teaching students how mechanisms are explained. *Adv Physiol Educ.* 2016;40(2):265-73. <http://doi.org/ccm4>.
25. **Burdo J, O'Dwyer L.** The effectiveness of concept mapping and retrieval practice as learning strategies in an undergraduate physiology course. *Adv Physiol Educ.* 2015;39(4):335-40. <http://doi.org/ccm5>.
26. **Anbarasi M, Rajkumar G, Krishnakumar S, Rajendran P, Venkatesan R, Dinesh, et al.** Learning style-based teaching harvests a superior comprehension of respiratory physiology. *Adv Physiol Educ.* 2015;39(3):214-17. <http://doi.org/ccm6>.
27. **Holmstrup ME, Verba SD, Lynn JS.** Developing best practices teaching procedures for skinfold assessment: observational examination using the Think Aloud method. *Adv Physiol Educ.* 2015;39(4):283-7. <http://doi.org/ccm7>.
28. **Baptista V.** A qualitative analogy for respiratory mechanics. *Adv Physiol Educ.* 2010;34(4):239-43. <http://doi.org/dkh9jr>.
29. **Letic M.** Use of analogies in the study of diffusion. *Adv Physiol Educ.* 2014;38(4):366-7. <http://doi.org/ccm8>.
30. **Brown S, Salter S.** Analogies in science and science teaching. *Adv Physiol Educ.* 2010;34(4):167-9. <http://doi.org/d6dmxd>.
31. **Flyvbjerg B.** Five Misunderstandings about Case-Study Research. *Qualitative Inquiry.* 2006;12(2):219-45. <http://doi.org/fsd688>.
32. **Teddlie C, Yu F.** Methods sampling. *A typology with examples.* *J Mix Methods Res.* 2007;1(1):77-100. <http://doi.org/c4v33x>.
33. **Mulhall P, Berry A, Loughran J.** Frameworks for representing science teachers' pedagogical content knowledge. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching.* 2003;4(2):1-25.
34. **Raviolo A, Garriz A.** Decálogos e inventarios. *Educación Química.* 2005;16:106-10.
35. **Loughran J, Milroy P, Berry A, Gunstone R, Mulhall P.** Documenting science teachers' pedagogical content knowledge through PaP-eRs. *Research in Science Education.* 2001;31(2):289-307.
36. **Llinares S.** Secondary school mathematics teacher's professional knowledge: A case from the teaching of the concept of function. *Teachers and Teaching: theory and practice.* 2000;6(1):41-62. <http://doi.org/fwj252>.
37. **Holtzblatt M, Tschakert N.** Expanding your accounting classroom with digital video technology. *J. of Acc. Ed.* 2011;29(2-3):100-21. <http://doi.org/dsfxbs>.
38. **Bayram L.** Use of online video cases in teacher training. *Procedia-Social and Behavioral Sciences.* 2012;47:1007-11. <http://doi.org/ccnb>.
39. **Atkinson T, Claxton G.** El profesor intuitivo. Barcelona: Octaedro; 2002.
40. **Veal W, Kubasko DS.** Biology and geology teachers' domain-specific pedagogical content knowledge of evolution. *Journal of Curriculum and Supervision.* 2003;18(4):344-52.
41. **Sáenz-Lozada ML, Cárdenas-Muñoz ML, Rojas-Soto E.** Efectos de la capacitación pedagógica en la práctica docente universitaria en salud. *Rev salud pública.* 2010;12(3):425-33.
42. **Cochran KF, DeRuiter JA, King RA.** Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher. *Journal of Teacher Education.* 1993;44(4):263-72.
43. **Davis EA.** Knowledge integration in science teaching: Analysing teachers knowledge development. *Research in Science Education.* 2003;34(1):21-53.
44. **Garriz A.** Análisis del conocimiento pedagógico del "Curso Ciencia y Sociedad" a nivel universitario. *Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cienc.* 2007;4(2):226-46.
45. **Sanders L, Borko H, Lockard J.** Secondary science teachers' knowledge base when teaching science courses in and out their area of certification. *Journal of Research in Science Teaching.* 1993;30(7):723-36. <http://doi.org/ccnb>.
46. **Friedrichsen P, Van Driel JH, Abell SK.** Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education.* 2011;95(2):358-76. <http://doi.org/b3z253>.