



## CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTENIDO CON MAESTROS EN FORMACIÓN SOBRE LA DENSIDAD: VALIDACIÓN DE UN CUESTIONARIO

*Pedagogical Content Knowledge with Primary Pre-service Teacher on Density: Validation of a Questionnaire*

**Lina Melo** [lvmelo@unex.es]

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Facultad de Educación y Psicología, Universidad de Extremadura, Avenida de Elvas s/n, 06006, Badajoz-España

**Fátima Paixão** [mfpaixao@ipcb.pt]

Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco, Portugal

**Esther Marín** [emarinre@alumnos.unex.es]

**Javier Cubero** [jcubero@unex.es]

**Aurora Muñoz** [auroram@unex.es]

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Facultad de Educación y Psicología, Universidad de Extremadura, Avenida de Elvas s/n, 06006, Badajoz-España

### Resumen

El conocimiento didáctico del contenido (CDC) se ha convertido en una forma de entender la compleja relación entre los diferentes componentes y conocimientos necesarios para enseñar. Para la caracterización de este tipo de conocimiento se han diseñado múltiples instrumentos, la mayoría utilizados en investigaciones de carácter descriptivo y basados en metodologías cualitativas; sin embargo, ninguno se centra en la enseñanza de la densidad. Por ello, el presente estudio busca validar un cuestionario para documentar el CDC con maestros en formación sobre este contenido. Un total de 210 estudiantes de magisterio participaron en este estudio. Cinco componentes del CDC y nueve dimensiones conforman la versión final del cuestionario. Se obtuvo una confiabilidad aceptable ( $\alpha = 0.738$ ). La estructura del CDC sobre la densidad, resultado del análisis correlacional, muestra cómo el conocimiento sobre las estrategias de enseñanza es el eje articulador del CDC de los maestros en formación.

**Palavras-Chave:** Conocimiento Didáctico del Contenido; Educación en Ciencias; Maestros en Formación; Educación Primaria.

### Abstract

Pedagogical content knowledge (PCK) is a way of understanding the complex relationship between different components and the knowledge necessary to teach. To characterize this type of knowledge, multiple instruments have been designed, these are used in descriptive research, with qualitative methodologies, however, none focuses on the teaching of density. Therefore, the present study seeks to validate a questionnaire to measure primary pre-service teachers' PCK on density. A total of 210 primary pre-service teachers participated in this study. Five components of PCK and nine dimensions make up the final version of the questionnaire. Acceptable reliability was obtained ( $\alpha = 0.738$ ). The PCK structure on density, the result of the correlational analysis, shows how knowledge about teaching strategies is the articulating axis of the PCK.

**Keywords:** Pedagogical Content Knowledge; science Education; preservice teacher; primary Education.

## **INTRODUCCIÓN**

Las revisiones realizadas por Abell (2008), Van Driel, Berry y Meirink (2014) y Neuman, Kind y Harms (2019) sobre el CDC muestran el carácter complejo que vincula su construcción, pero también ponen de manifiesto los distintos usos que se le ha dado al concepto en las investigaciones y las metodologías utilizadas para caracterizarlo.

Neuman et al. (2019) refieren cómo la conceptualización del CDC se ha descrito desde una perspectiva transformadora e integradora. Desde la perspectiva transformadora, el CDC es visto como una amalgama de conocimientos (Berry, Loughran, & Van Driel, 2008) que se desarrolla a través de la transformación del contenido disciplinar en contenido para la enseñanza durante la práctica docente. Desde una perspectiva integradora, el CDC es un constructo nuevo, diferente al conocimiento pedagógico o de la disciplina, que incluye diversas componentes que, a su vez, representan diferentes aspectos de la amalgama y constituyen el conocimiento que el profesorado desarrolla y aprende durante su formación. Lee y Luft (2008) sugieren que ambos modelos de CDC no son contradictorios, sino diferentes tipos de CDC que los maestros pueden mantener simultáneamente y desarrollar con el tiempo.

Gess-Newsome (2015) incluye características tanto de la perspectiva integradora como transformadora en el modelo de consenso de CDC. Este modelo combina características de configuraciones anteriores del CDC en una estructura de diagrama de flujo de varias capas. Además, el modelo incluye tres elementos nuevos: los factores que influyen, potencializan o filtran el CDC (factores que actúan como lentes); el conocimiento profesional del contenido específico y la práctica de aula como dominio que contiene el CDC, el cual influye en el logro de los estudiantes.

En el modelo de Gess-Newsome se presentan dos tipos de conocimientos los cuales se integran y transforman durante las prácticas de aula. El primero de ellos, llamado conocimiento base, comprende: conocimiento sobre la evaluación, conocimiento pedagógico, conocimiento del contenido, conocimiento de los estudiantes y conocimiento del currículo. El segundo, llamado conocimiento profesional del contenido específico (CPCE), vincula la experiencia y el conocimiento académico sobre los contenidos enseñados para un nivel o grado particular; así mismo, incluye las estrategias de enseñanza, representaciones del contenido y comprensión de los estudiantes sobre la enseñanza de un contenido específico.

Dentro del modelo de consenso del CDC, los conocimientos base durante la enseñanza se transforman en CDC. El conocimiento base influye sobre el conocimiento específico del contenido y el CPCE es un indicador del CDC personal, el cual se ve afectado por el contexto del aula y por varios amplificadores y filtros que reconocen tanto la relevancia de los aspectos afectivos en el desarrollo como la eficacia del conocimiento profesional del profesorado. Sin embargo, el modelo de consenso no indica explícitamente qué puede incluir el CDC.

Desde nuestra perspectiva, el CDC es un punto de encuentro entre los conocimientos que el profesor adquiere a través de su formación y experiencia y la práctica de aula (Alonso & Kim, 2016; Melo, Cañada & Mellado, 2017). Un conocimiento dinámico con su propia estructura, fuentes, componentes, naturaleza y filtros, que se ha convertido en una forma de entender la compleja relación entre los diferentes componentes y conocimientos necesarios para enseñar. Ante su complejidad, consideramos que el CDC requiere múltiples instrumentos para su caracterización.

Por este motivo, el objetivo principal de este estudio es presentar el diseño y validación de un cuestionario para caracterizar el CDC sobre la densidad de maestros en formación de Educación Primaria desde lo que declaran. Conjuntamente, analizaremos el impacto de las asignaturas de didáctica de las ciencias experimentales y matemáticas que se cursan a lo largo de su carrera universitaria en la estructura del CDC que hayan creado. Dicho estudio se realizó mediante un análisis factorial exploratorio de las respuestas a los ítems del cuestionario.

### **Instrumentos para la caracterización del CDC**

En investigaciones previas, es habitual encontrar la combinación de estrategias y distintas fuentes de captación como son entrevistas, diseño de mapas conceptuales, observaciones de clase, cuestionarios, pruebas de lápiz y papel, planificaciones, rúbricas, etc. En todas ellas, considerar las componentes del CDC como un conjunto discreto ha sido fundamental para establecer las distintas herramientas para su caracterización.

Resaltamos las aportaciones de Johnston y Ahtee (2006) en las cuales se triangulan los resultados de entrevistas, cuestionarios y las reflexiones suscitadas de videoclips sobre la enseñanza de conceptos físicos, al caracterizar las actitudes hacia la enseñanza de la física como parte de un trabajo descriptivo sobre el CDC con futuros maestros de primaria.

También es punto de referencia el cuestionario desarrollado por Kirschner, Borowski, Fischer, Gess-Newsome y von Aufschnaiter (2016) para medir el desarrollo del CDC de dos profesores de física en formación y en ejercicio de secundaria. Este cuestionario de 15 ítems, la mayoría de respuesta abierta, se centró específicamente en contenidos relacionados con la mecánica y con la enseñanza de la física en general. A su vez, Liepertz y Borowski (2019), además de emplear este instrumento, incluyeron grabaciones de las clases impartidas y cuestionarios al alumnado sobre los contenidos visionados. Con todo, concluyeron que la interconexión de la estructura del contenido planificado con las acciones de aula no es directa, aunque existen aspectos del CDC que sí influyen en el aprendizaje del alumnado, como es la interconexión que propicia el profesor sobre los contenidos que enseña.

Una aportación novedosa desde el punto de vista metodológico se recoge en los trabajos desarrollados por Jang (2010) y Halim, Abdullah y Meerah (2014). Estos investigadores diseñaron un cuestionario de escala tipo Likert para medir el CDC desde la perspectiva del alumnado. El cuestionario de Jang (2010), dirigido a la población universitaria, contenía un total de 28 ítems, mientras el de Halim et al. (2014), formulado para secundaria, recogía 56 ítems. En este último estudio, el alumnado consideró que los profesores deberían ser capaces de activar un CDC diferente en función del alumnado, para facilitar su aprendizaje.

Chan, Rollnick, Gess-Newsome (2019) analizan en su estudio diferentes rúbricas utilizadas para caracterizar el CDC de los profesores de ciencias. Teniendo como modelo orientador el modelo de consenso del CDC, plantean el diseño de una rúbrica de naturaleza genérica la cual puede personalizarse según las características de los participantes y el contenido a enseñar.

Uno de los instrumentos de mayor uso para caracterizar el CDC ha sido el desarrollado por Lourganht, Berry y Mullhan (2004) denominado representación de los contenidos (ReCo). El propósito general del instrumento ReCo es ayudar a los profesores y permitirles codificar su conocimiento hacia la enseñanza. Campos y Ramírez (2019) utilizaron el ReCo para operativizar las variables de un test diseñado sobre el CDC sobre las gráficas en cinemática con profesores de secundaria, mientras Verdugo-Perona, Olmos, Solaz-Portolés y Sanjosé (2017) lo utilizaron para analizar la estructura del CDC y su estabilidad con maestros en formación antes de adquirir experiencia.

En concordancia con Alonzo y Kim (2016), estimamos que durante la medición del CDC se deben diferenciar los aspectos dinámicos de los estáticos. A su vez, consideramos que la caracterización del CDC puede desarrollarse a partir de tres niveles: declarativo, diseño y acción, los cuales corresponden a lo que el profesor piensa, planifica y hace frente a la enseñanza de un contenido específico (Melo et al., 2017).

## **MÉTODO**

### **Objetivos**

El objetivo de este estudio es presentar el diseño y validación de un cuestionario para determinar el CDC de maestros en formación sobre la densidad y establecer si existen cambios en la estructura del CDC a lo largo de los años. La muestra para el estudio se escogió entre los estudiantes del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Extremadura.

Nuestra investigación se basa en un diseño mixto y se desarrolló en tres fases. La primera fase tuvo como fin la construcción de una definición conceptual y operativa de la variable a caracterizar, esto es, el CDC de maestros en formación sobre la densidad. Previamente, Bardín (1986) ya había empleado técnicas de análisis de contenido para este fin. La segunda fase, de naturaleza cualitativa, se centró en la validación de contenido por jueces. Por último, la tercera fase se orientó en la validez del constructo a través de un análisis factorial exploratorio. De este modo, tras elaborar la estructura factorial, calculamos el coeficiente de fiabilidad alpha de Cronbach y el coeficiente de confiabilidad por mitades.

## **Participantes**

Un total de 210 estudiantes del Grado de Educación Primaria, con una edad media de 22 años, participaron en este estudio. Todos los alumnos habían cursado contenidos relacionados con la didáctica de las ciencias experimentales y didáctica de las matemáticas, incluidos entre ellos la enseñanza de la densidad, masa, volumen y su medida. De ellos, el 37% (78) son hombres y el 63% restante (132) mujeres. Cien (47.6%) estudiantes cursan el segundo año del grado de educación primaria, 32 (15.2%) el tercer año y 78 su último año (37.1%). La selección de la muestra fue por conveniencia.

## **Instrumento**

Desde la revisión de la literatura encontramos cómo las investigaciones utilizan distintas componentes para dar cuenta del CDC. En el caso específico de la enseñanza de la física, las componentes de mayor congruencia son las relacionadas con el conocimiento sobre los estudiantes, las estrategias de enseñanza y la evaluación. El conocimiento curricular se centra en los contenidos, los criterios de selección y los objetivos de aprendizaje y las orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias sobre los propósitos generales de la enseñanza de la física. Casos como el de Jang (2010) y Lee y Luft (2008) separan como dimensión particular los conocimientos sobre el contenido al igual que el conocimiento de los recursos y la enseñanza.

Siguiendo el modelo de consenso del CDC, la revisión de la literatura y la definición de las componentes del CDC según el modelo de Magnuson et al. (1999), el cuestionario propuesto fue desarrollado en función de cinco dimensiones: conocimiento sobre el currículo, conocimiento sobre la comprensión de los estudiantes acerca de la densidad, conocimiento sobre la evaluación, conocimiento sobre las estrategias de enseñanza (primera parte) y emociones hacia la enseñanza de la densidad (segunda parte).

En la primera parte del instrumento, se le pide al alumnado su grado de acuerdo hacia distintas afirmaciones configuradas a partir de la literatura sobre la enseñanza de la densidad en Educación Primaria. Los ítems se formularon de tal manera que la puntuación 5 significara una valoración positiva y la 1 una valoración negativa. En la segunda parte, se pide al alumnado informar sobre las emociones suscitadas al reflexionar sobre la enseñanza de la densidad y que describan sus causas. Para esta segunda parte, se empleó un listado de siete emociones positivas, siete negativas y dos neutras, extraídas de estudios previos con maestros en formación (Mellado et al., 2014). La intensidad de cada emoción debía ser puntuada en una escala de 1 a 5.

La primera versión del instrumento contenía 56 ítems y fue sometida a la validación de tres expertos en didáctica de las ciencias experimentales y de las matemáticas para garantizar la validez de contenido del instrumento. A partir de las sugerencias de los tres jueces, se modificó el instrumento acotándolo a 36 reactivos por sugerencia de uno de ellos, intentando equipar el número de ítems por componente del CDC (ver Tabla 1). Además de depurar el número de ítems, se modificó la redacción de varios de ellos, a sugerencia de los jueces. Finalmente, el test fue implementado en forma electrónica por medio de la plataforma libre Formularios Google (<https://forms.gle/d6WCYKskUn661EFt9>).

## **Análisis de datos**

Una vez implementado el cuestionario, se calcularon los estadísticos descriptivos para cada ítem del cuestionario, al igual que la correlación que cada uno de ellos guarda con el total del cuestionario. Estos análisis aportaron un primer conocimiento del comportamiento de cada uno de los ítems. Para estudiar la dimensionalidad del constructo, realizamos una primera aproximación a través del análisis factorial exploratorio por componentes principales (Harman, 1980) mediante el software estadístico SPSS Statistics v25.0. Como requisitos previos, utilizamos el test de esfericidad de Barlett y el índice KMO de Kaiser-Meyer-Olkin. Además, aplicamos la rotación factorial varimax (ver Tabla 2) asumiendo que cada uno de los factores estaban relacionados entre sí, dado que los datos se ajustaban a una distribución normal. También analizamos las correlaciones entre los factores de la matriz factorial rotada de primer orden. Basados en la consideración del tamaño de la muestra, el valor del factor utilizado fue de 0,40.

Tras elaborar la estructura factorial definitiva, calculamos el coeficiente de fiabilidad alpha de Conbrach, tanto para el instrumento en su conjunto como para las distintas dimensiones, obteniendo así un indicador de la consistencia interna del mismo. Los factores se renombraron y ajustaron a las componentes del CDC desarrolladas a partir de la revisión teórica (ver Tabla 3). Además, como forma de establecer un

criterio de validación externa del instrumento, efectuamos un ANOVA entre el puntaje total del test y el año cursado por los participantes para verificar las diferencias.

## RESULTADOS

### CDC sobre la densidad: hallazgos y características a partir del análisis descriptivo

En la Tabla 1 presentamos los estadísticos descriptivos de los ítems que se seleccionaron del instrumento diseñado. Esta tabla recoge los valores medios y las desviaciones típicas para cada uno de los ítems, así como el grado de relación que cada uno de ellos guarda con el puntaje total del cuestionario, lo que puede considerarse un indicador de su grado de discriminación.

Como puede comprobarse, algunos ítems mantienen una correlación baja con la puntuación total y una mayor desviación estándar. Estos casos se corresponden con los ítems 9, 14, 16, 19 y 20, la mayoría incluidos en la dimensión de conocimientos sobre la comprensión de los estudiantes acerca de la densidad. Sin embargo, con los ítems 13 y 21 las evidencias sobre la significancia de la asociación ítem-puntaje total del test son no concluyentes, un criterio que se tuvo en cuenta para su exclusión de la versión final del cuestionario. Los ítems que muestran una correlación moderada con la puntuación total se encuentran dentro de las componentes del CDC conocimiento sobre las estrategias de enseñanza y conocimiento del currículo.

**Tabla 1** –Estudio descriptivo de los ítems

Componentes del CDC	Descriptor	Ítems	Media	Desviación típica	Correlación ítem-total
Conocimientos sobre el currículo	A1. Identifica lo más y lo menos importante de aprender sobre el concepto en cuestión	6	3,72	0,904	,502**
		8	2,63	1,049	,344**
		7	3,83	0,642	,438**
		23	3,82	0,806	,514**
	A2. Identifica la relación del contenido en particular con otros contenidos de ciencias o matemáticas	1	4,10	0,692	,460**
		2	4,25	0,585	,342**
		4	4,10	0,706	,335**
		5	4,34	0,648	,377**
	A3. Identifica lo que sería deseable que los futuros estudiantes de primaria aprendieran sobre ese tema en particular, pero que no puede enseñarles por las limitaciones que existen.	3	3,63	0,800	,433**
		17	3,49	0,810	,309**
Conocimientos sobre la comprensión de los estudiantes acerca de la densidad	B1. Identifica cuáles son los preconceptos/ideas alternativas que tienen los estudiantes sobre el contenido a enseñar	12	3,92	0,987	,304**
		13	3,48	1,001	,108
		14	3,83	0,893	,219 <sup>†</sup>
	B2. Identifica cómo los modelos/ideas alternativas que tienen los estudiantes respecto al tema en particular dificultan su comprensión	18	3,63	0,901	,307**
		19	3,05	1,212	,253 <sup>†</sup>
	B3. Identifica la naturaleza de los preconceptos o ideas erróneas que los estudiantes tienen respecto al tópico a enseñar	11	3,69	0,836	,376**
		20	2,83	1,333	,290**
	B4. Identifica cuáles son los principales obstáculos con los que el estudiante se enfrenta al tratar de aprender el contenido en particular.	15	3,97	0,914	,353**
16		3,92	0,927	,288**	

Componentes del CDC	Descriptor	Ítems	Media	Desviación típica	Correlación ítem-total
<b>Conocimientos sobre las Estrategias de Enseñanza</b>	C1. Identifica qué tipo de recursos didácticos son aptos para enseñar el tópico en particular.	21	2,38	1,032	<b>-0,17</b>
		24	4,22	0,650	,590**
		28	4,28	0,714	,348**
		29	4,18	0,662	,419**
		22	4,39	0,686	,365**
	C2. Identifica las necesidades de utilizar diferentes estrategias, actividades o recursos para abordar un tópico en particular.	9	4,00	0,650	,291**
		10	4,35	0,679	,445**
	C3. Identifica cuáles son las estrategias más efectivas para tratar de enseñar un tópico en particular.	25	4,13	0,797	,477**
		26	4,30	0,664	,566**
<b>Conocimientos sobre la evaluación</b>	D1. Identifica las diferentes estrategias de evaluación para la densidad	27	4,10	0,746	,576**
		30	3,82	0,948	,559**
	D2. Identifica los diferentes recursos que puede emplear para evaluar la densidad	34	3,50	1,030	,352**
		35	4,08	0,768	,360**
	D3. Identifica los criterios/indicadores representativos que permiten saber si los estudiantes han comprendido un tópico en particular.	31	3,96	0,706	,362**
		32	3,74	0,721	,445**
		33	3,60	0,804	,372**
<b>Emociones hacia la enseñanza de la Densidad</b>	F1. Emociones positivas, F2. Emociones negativas y F3. Emociones neutras hacia la enseñanza de la densidad.	36	2,53	0,471	,792**

\*\*La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral)

En cuanto al conocimiento del currículo, los ítems 2, 4 y 5 son los que presentan promedios superiores al resto de ítems, siendo estos valores 4,25, 4,10 y 4,34, respectivamente. Los futuros maestros están de acuerdo con la necesidad del aprendizaje de la densidad y su medida para adquirir otros conocimientos en ciencias y matemáticas. También consideran que resolver problemas sobre la densidad ayudará a los futuros estudiantes de primaria a comprender otros temas en ciencias. En cuanto a los contenidos, están de acuerdo en que su enseñanza se debe centrar en la relación peso, masa, volumen, y abogan poco por la memorización de conceptos (ítem 8).

Corona, Slisko y Meléndez (2007) señalan al respecto cómo las interpretaciones sobre la densidad requieren del pensamiento formal. Shayer y Adey (1986) acentúan la necesidad de este tipo de pensamiento si se pretende que el alumnado comprenda la relación entre las variables que intervienen. Dawkins, Dickerson, McKinney y Butler (2008) además indican cómo el carácter de magnitud, no perceptible directamente, es uno de los principales condicionantes de su enseñanza en primaria.

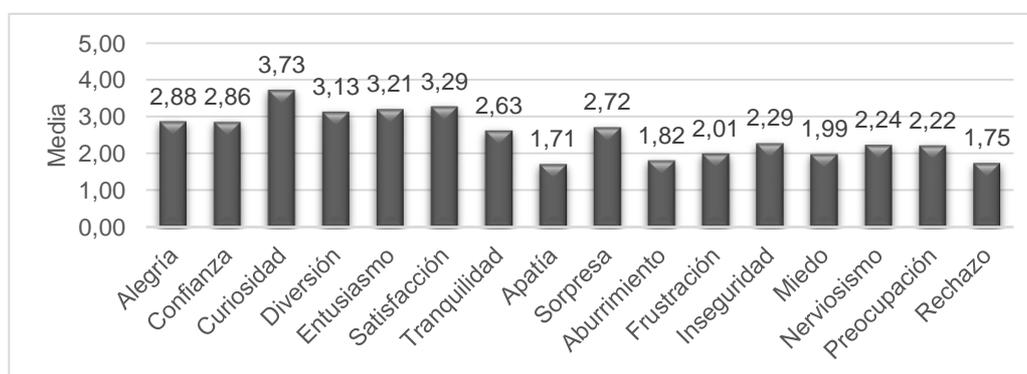
Las medias reportadas respecto al conocimiento sobre la comprensión de los estudiantes acerca de la densidad demuestran los problemas que tienen los futuros maestros en identificar con seguridad las posibles dificultades e ideas alternativas que sus futuros alumnos podrían experimentar a lo largo de la instrucción. Los promedios más altos nos sugieren que los futuros maestros pueden llegar a considerar que el alumnado focalizará la causa de la flotabilidad en el objeto que flota y no en el fluido (ítem 15). Además, consideran que la idea alternativa “a mayor volumen, mayor densidad”, a su vez, ampliamente recogida en la literatura (Domenech, 2014; Palacios-Díaz & Criado, 2017), será la más recurrente entre sus futuros estudiantes (ítem 12).

Sobre las estrategias de enseñanza, los futuros profesores no consideran imprescindible el uso del libro de texto como fuente en el aprendizaje sobre la densidad, aunque sí incluir ejemplos y experiencias que

muestren el rol de la ciencia en la vida cotidiana (ítem 10) y utilizar la experimentación más que el uso de explicaciones teóricas (ítem 22). Los futuros maestros consideran que, para evaluar a sus futuros estudiantes, el diseño e implementación de rúbricas de observación es vital para dar cuenta del aprendizaje de sus estudiantes sobre la densidad (ítem 27). Además, también lo es la reflexión sobre el rol del maestro en el aula (ítem 35).

En concordancia con lo propuesto por los futuros maestros de primaria, Palacios-Díaz (2017) plantea que una enseñanza prototipo de este concepto, la cual se inicia por la definición con escasas aproximaciones cualitativas previas, resulta poco eficaz frente aquella donde el alumnado puede experimentar y entender previamente los conceptos de masa y volumen. Zoupidis, Pnevmatikos, Spyrtou y Kariotoglou (2016), en su experiencia con alumnados de 10 y 11 años, sugieren una combinación de instrucción explícita con experimentación con objetos del entorno conocidos por el alumnado.

Sobre las emociones hacia la enseñanza de la densidad, como se muestra en la Figura 1, la frecuencia media de las emociones, tanto positivas como negativas, se encuentra entre 1,7 y 3,7, son más intensas las positivas (curiosidad, satisfacción, entusiasmo y diversión) que las negativas (inseguridad, nerviosismo, preocupación y frustración). Las causas de las emociones positivas hacia la enseñanza de la densidad se fundamentan en la motivación que expresan por enseñar, la motivación que ha despertado las ciencias durante su etapa de formación como maestros y, en menor medida, la confianza hacia el contenido. Las causas de las emociones negativas más recurrentes son la falta de conocimiento sobre el contenido, las emociones experimentadas durante su etapa como escolares, su falta de formación en general y su inseguridad hacia las matemáticas. Dichos resultados no difieren de los reportados por Brígido, Couso, Gutiérrez y Mellado (2013) con una población similar.



**Figura 1** – Intensidad de las emociones hacia la Enseñanza de la densidad reportada por los futuros maestros de primaria.

Finalmente, con relación a las emociones negativas nerviosismo, preocupación e inseguridad los futuros maestros señalan como causas, además de las mencionadas anteriormente, su falta de experiencia docente, las expectativas sobre el tipo de maestro que serán, los resultados de aprendizaje que obtendrán y su futuro actuar en el aula. Estas causas ocasionan frustración en la persona y condicionan la percepción que los futuros maestros tienen sobre lo que serán capaces de hacer, durante la enseñanza de la densidad.

### Aproximación a las dimensiones del constructo CDC sobre la Densidad

Para identificar la estructura factorial de los ítems seleccionados y comprobar la adecuación en las dimensiones consideradas se realizó un análisis factorial de componentes principales con rotación varimax. El índice de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) arrojó un resultado de 0,656 y el test de esfericidad de Bartlett  $\chi^2 = 3138,255$ ;  $p < 0.000$ . Estos resultados indican que se cumple con los supuestos para el análisis factorial.

El análisis factorial reveló quince factores con autovalores por encima de uno que explican el 73,461 % de la varianza. Para definir los factores se utilizaron los siguientes criterios: a) sólo se consideraron ítems cuya saturación fuera mayor que 0,40 (Lloret-Segura, Ferreres-Traver, Hernández-Baeza y Tomás-Marc, 2014), b) para los ítems cuya solución rotada mostró una saturación por encima de 0,40 en más de un factor, se consideró que contribuían al factor en el que la saturación era mayor (Halim, Meerah, Zakaria,

Abdullah, & Tambychik, 2012) y c) según la muestra, sólo se retuvieron los factores con un mínimo de tres ítems (Lloret-Segura, Ferreres-Traver, Hernández-Baeza, & Tomás-Marco, 2014).

En la figura 2 se puede observar la saturación de cada ítem en cada uno de los factores según los criterios señalados anteriormente. Los factores 1 y 2 están relacionados con las emociones que los futuros maestros vaticinan hacia la enseñanza de la densidad en educación primaria. El factor 3 hace alusión a las actividades, estrategias y recursos para potenciar o evaluar el aprendizaje del alumnado sobre la densidad, el factor 4 se refiere a la relación del contenido en particular con otros contenidos de ciencias o matemáticas, mientras que el factor 5 describe las ideas y contenidos que son esenciales para aprender la densidad.

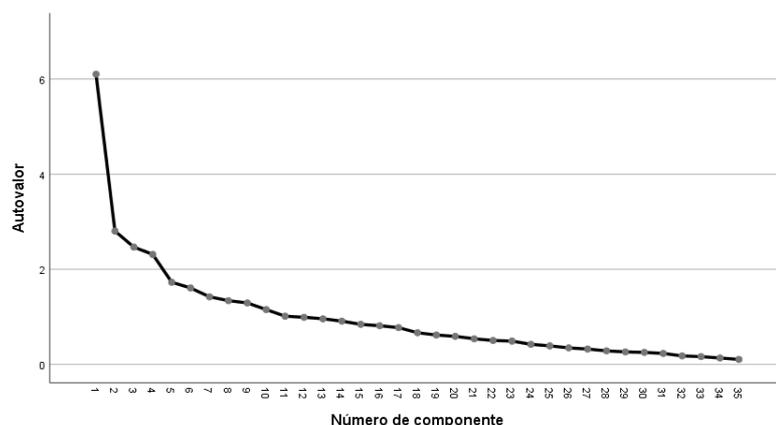


Figura 2 – Gráfico de sedimentación

El factor 6 describe las cuestiones que serían deseables que los futuros estudiantes de primaria aprendieran sobre la densidad y los factores 9 y 10 relatan las dificultades, ideas y modelos alternativos que posiblemente presentarán los alumnos de primaria al aprender sobre la densidad. El factor 7 relata las estrategias de evaluación que los futuros maestros contemplan para el contenido a enseñar.

Los ítems correspondientes a los factores del 11 al 15 fueron excluidos al igual que los factores 8, 11, 12, 13, 14 y 15. Los nueve factores resultantes explican el 59 % de la varianza de la respuesta al cuestionario. Con relación a los niveles de saturación factorial, podemos concluir el adecuado peso estadístico de los ítems.

La consistencia interna del instrumento se calculó a partir del análisis del coeficiente alfa de Cronbach y mediante la confiabilidad por mitades (Cozby, 2005). Los índices de fiabilidad son aceptables, con un  $\alpha$  global=0.738 suprimiendo la emoción aburrimiento. En cuanto a la consistencia interna de cada factor, los valores obtenidos se sitúan entre ,93 y ,60, como se muestra en la Tabla 2. Nunnally (1978) argumenta que un alfa de Cronbach mayor a 0,6 es aceptable en estudios exploratorios, como es nuestro caso; mientras Castañera, Cabrera, Navarra y Vries et al. (2010) lo consideran moderado

Tabla 2 –Fiabilidad del Cuestionario CDC-Densidad para maestros en formación.

Componentes del CDC	Factor	No. de ítems	Ejemplo de Ítem	Media	Alpha de Crombach	Pares- Impares de Spearman-Brown
Emociones hacia la enseñanza de la Densidad	F1	7	Entusiasmo, Diversión, Satisfacción, Curiosidad, Alegría, Confianza, Tranquilidad	3,10	0,933	0,938
	F2	7	Miedo, Nerviosismo, Inseguridad, Preocupación, Frustración, Rechazo	2,08	0,924	0,924
Conocimientos sobre las	F3	8	Cuando sea maestro de primaria usaré la experimentación directa, más	4,19	0,794	0,786

Componentes del CDC	Factor	No. de ítems	Ejemplo de ítem	Media	Alpha de Crombach	Pares-Impares de Spearman-Brown
Estrategias de Enseñanza			que la explicación teórica, para potenciar el aprendizaje sobre la densidad.			
Conocimientos sobre el currículo	F4	3	Comprender el concepto de densidad y como se mide, es necesario para dar continuación al aprendizaje de temas posteriores en ciencias y matemáticas.	4,15	0,726	0,664
	F5	3	Para comprender ciertos hechos cotidianos hay que aprender estrategias sobre cómo estimar la densidad.	3,99	0,680	0,590
	F6	3	Comprender el concepto de densidad exige la integración de la visión macroscópica y la microscópica de la materia.	3,99	0,617	0,608
Conocimientos sobre la evaluación	F7	3	Cuando sea maestro de primaria llevaré a cabo una evaluación individual sumativa para el tema de densidad.	3,77	0,699	0,673
Conocimientos sobre la comprensión de los estudiantes acerca de la densidad	F9	4	Los estudiantes de primaria consideran que para un mismo material a mayor peso, mayor densidad.	3,80	0,606	0,622
	F10	3	Mis futuros estudiantes de primaria en su vida diaria darán distintos significados a los términos densidad o denso como, pesado, viscoso, opaco o espeso.	3,45	0,606	0,604

F1: Emociones positivas hacia la E-A de la densidad; F2: Emociones negativas hacia la E-A de la densidad; F3: Actividades, estrategias y recursos para potenciar o evaluar el aprendizaje sobre la densidad; F4: Relación del contenido en particular con otros contenidos de ciencias o matemáticas; F5: Cuestiones relevantes que se deben aprender sobre la densidad; F6: Cuestiones deseables que deberían aprender los estudiantes de primaria sobre la densidad; F7: Criterios/indicadores representativos que permiten saber si los estudiantes han comprendido un tópico en particular; F9: Modelos/ideas alternativas que tienen los estudiantes respecto al tema en particular dificultan su comprensión; F10: Dificultades de aprendizaje sobre la densidad.

En la Tabla 3 se muestra la correlación entre factores. Los factores 1 y 2 presentan correlación negativa significativa, de manera similar que los factores 3 y 2. Lo anterior indica que las emociones positivas que los futuros maestros consideran que experimentarán hacia la enseñanza de la densidad tienen un efecto modulador sobre las negativas y viceversa (Ochoa, Marcos-Merino, Méndez, Mellado, & Esteban, 2019). Así mismo, las emociones negativas hacia la enseñanza de la densidad influyen sobre su conocimiento de las estrategias de enseñanza, de tal manera que cuanto mayor es la intensidad en la respuesta en este tipo de emociones, menor será el uso de estrategias y actividades centrados en el alumnado (Melo et al., 2017).

Otras relaciones de gran interés son las reportadas entre los factores 3, 4, 5 y 6, las cuales nos sugieren que a mayor conocimiento sobre el currículo y la evaluación mayor conocimiento sobre las estrategias de enseñanza y viceversa. También es de interés reseñar el efecto del conocimiento de la evaluación sobre el conocimiento del currículo y la falta de relación entre la componente referida al conocimiento sobre los estudiantes y el resto de los dominios del CDC.

Finalmente, y con el objetivo de identificar posibles diferencias en la percepción del alumnado sobre el CDC sobre la densidad en función año cursado por los futuros maestros, y tras confirmar el cumplimiento del supuesto de homogeneidad para los tres grupos (Levene (2, 205) =0,02, p=0,998), se procedió a un análisis de varianza univariante (ANOVA).

**Tabla 3** –Estructura final del Cuestionario CDC-Densidad y correlación entre sus componentes.

Correlación de Pearson										
Componentes del CDC	Factores	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F9	F10
Emociones hacia la enseñanza de la Densidad	F1	1	<b>-,422**</b>	0,095	0,121	0,154	0,016	0,086	-0,078	-0,139
	F2		1	<b>-,250*</b>	-0,145	-0,021	-0,048	0,030	0,084	0,015
Conocimientos sobre las Estrategias de Enseñanza	F3			1	<b>,271**</b>	<b>,340**</b>	<b>,524**</b>	<b>,352**</b>	0,048	0,079
Conocimientos sobre el currículo	F4				1	<b>,457**</b>	<b>,343**</b>	0,100	0,095	0,054
	F5					1	<b>,332**</b>	<b>,221*</b>	0,054	0,063
	F6						1	<b>,284**</b>	0,162	0,149
Conocimientos sobre la evaluación	F7							1	0,023	0,018
Conocimientos sobre la comprensión de los estudiantes acerca de la densidad	F9								1	<b>,349**</b>
	F10									1

\*\* p< 0,01; \* p< 0,05. Se resaltan en negrita las correlaciones más elevadas (≥ 0,200).

Los resultados señalan que no existen diferencias significativas entre las puntuaciones medias de la variable CDC sobre la densidad entre los futuros maestros que cursan su segundo año de carrera (Media=127,78, DT=9,92) con los de tercer (Media=129,81, DT=10,36) y cuarto año (Media=131,89, DT=10,39), siendo el tamaño del efecto pequeño ( $F(4, 205) = 1,402$   $p=0,239$   $\eta^2=0,053$ ). Estos resultados son un indicativo del gran efecto que tiene para la enseñanza de este contenido las asignaturas de didáctica de las ciencias experimentales y matemáticas en el segundo año de la formación de los futuros maestros de primaria y el poco impacto del resto de su formación en el desarrollo de su CDC estático sobre la densidad.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Fernández y Fernandes de Goes (2014) señalan cómo la mayor parte de las investigaciones sobre el CDC han sido de carácter descriptivo, centrado en metodologías cualitativas como los estudios de casos o la teoría fundamentada. Sin embargo, en los últimos años son cada vez más los esfuerzos por desarrollar otro tipo de instrumentos que permitan abarcar una mayor población y caracterizar la relación entre los diferentes elementos que constituyen el conocimiento del maestro.

El cuestionario planteado, objeto de nuestro estudio, nos da una visión holística del CDC de futuros maestros sobre un contenido específico y tanto su procedimiento de aplicación como su análisis requieren menos tiempo en comparación con otro tipo de instrumentos. En términos generales, el test es confiable, pero requiere todavía la modificación de algunos ítems para mejorar su consistencia interna y su poder discriminante. Por otro lado, somos conscientes de que la herramienta desarrollada debe ser complementada por otras de naturaleza cualitativa que nos permitan profundizar en los razonamientos didácticos detrás de la respuesta a cada ítem.

Con relación a los resultados obtenidos del CDC sobre la densidad, consideramos que un elemento fundamental para su desarrollo es el reconocimiento de las dificultades de aprendizaje de las estudiantes y los perfiles epistemológicos utilizados en la construcción de sus explicaciones. Es claro que, si no se posee consciencia de los errores conceptuales, es difícil regular estrategias que permitan clarificar su comprensión (Campanario y Otero, 2000). Por otro lado, nuestros propios resultados en el caso del campo eléctrico (Melo et al. 2017) nos sugieren prestar una mayor atención al conocimiento sobre la evaluación, puesto que suele ser una de las componentes del CDC cuya descripción se centra en aspectos generales de la didáctica de las ciencias y menos en el contenido específico a enseñar, como es el caso de este estudio.

En cuanto al papel de las emociones como filtro en la construcción del CDC, se confirma el rol modulador de las emociones negativas sobre las estrategias de enseñanza, muy en consonancia con las causas reportadas sobre dichas emociones. Sutton y Wheatley (2003) señalan que el uso de estrategias conservadoras por parte del profesorado reduce la imprevisibilidad de la clase. Esto hace que disminuya la probabilidad de que ocurran eventos inesperados o fracasos y hace que el profesor experimente menos emociones negativas.

Sobre la estructura del CDC, nuestros resultados difieren de los reportados por Verdugo-Perona et al. (2017) en el cual las correlaciones mayores se producen entre las parejas objetivos / dificultades de aprendizaje, objetivos / actividades-metodología y dificultades de aprendizaje / actividades-metodología, mientras que en nuestro caso se dan entre actividades, estrategias y recursos / cuestiones deseables a enseñar y en la relación del contenido en particular con otros contenidos de ciencias o matemáticas / cuestiones relevantes que se deben aprender sobre la densidad. Además, al igual que en el estudio de Park y Chen (2012), el eje central para la integración del CDC tras el análisis de correlación se centra en el conocimiento sobre las estrategias.

Finalmente, los hallazgos sobre la ausencia de diferencias significativas entre las puntuaciones medias de la variable CDC sobre la densidad a lo largo de los años muestra la resistencia a los cambios de este tipo de conocimiento. Van Driel et al., (2014) nos sugieren que para el desarrollo del CDC se deben propiciar oportunidades para que los profesores planifiquen, diseñen y evalúen su enseñanza bajo metodologías que incluyan el trabajo colaborativo, además de brindar espacios para compartir y evaluar críticamente distintos aspectos del CDC.

### **Agradecimientos**

Esta investigación fue financiada por la agencia Estatal de Investigación, Estancias de Movilidad José Castillejo para jóvenes doctores 2018, el Fondo Europeo de Desarrollo Regional y Junta de Extremadura. Proyecto GR18115.

### **REFERENCIAS**

- Abell, S. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405–1416. <https://doi.org/10.1080/09500690802187041>
- Alonzo, A. C., & Kim, J. (2016). Declarative and dynamic pedagogical content knowledge as elicited through two video-based interview methods. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(8), 1259–1286. <https://doi.org/10.1002/tea.21271>
- Bardin, L. (1986). El análisis de contenido. Madrid, España: Akal
- Berry, A., Loughran, J., & Van Driel, J. (2008). Revisiting the roots of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30,1271–1279. <https://doi.org/10.1080/09500690801998885>
- Brígido, M., Couso, D., Gutiérrez, C., & Mellado, V. (2013). The Emotions about Teaching and Learning Science: A Study of Prospective Primary Teachers in Three Spanish Universities. *Journal of Baltic Science Education*, 12(3), 299-311. <http://oaji.net/articles/2015/987-1425808129.pdf>
- Chan, K. K. H., Rollnick, M., & Gess-Newsome, J. (2019). A grand rubric for measuring science teachers' pedagogical content knowledge. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 251-269). Singapore: Springer Singapore
- Campos Nava, M., & 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. <https://doi.org/10.14483/23464712.13900>
- Campanario, J. M., & Otero, J. C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los

alumnos de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 155-169.

<https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21652>

Castañera, M.B., Cabrera, A., Navarro, Y., & Vries, W.D. (2010). Procesamiento de datos y análisis estadísticos usando SPSS. Porto Alegre, RS: Edipuc-rs.

Corona, A., Slisko, J., & Meléndez, J.G. (2007). Haciendo ciencia en el aula: Los efectos en la habilidad de falsear diferentes hipótesis sobre la flotación y en las respuestas a la pregunta “¿por qué flotan las cosas?”. *Latin American Journal of Physics Education*, 1(1), 44-50

[http://www.lajpe.org/sep07/Adrian\\_Final.pdf](http://www.lajpe.org/sep07/Adrian_Final.pdf)

Cozby, P. (2005) Métodos de investigación del comportamiento. México, México: McGraw-Hill.

Dawkins, K. R., Dickerson, D. L., McKinney, S. E., & Butler, S. (2008). Teaching density to middle school students: preservice science teachers' content knowledge and pedagogical practices. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 82(1), 21-26.

<https://doi.org/10.3200/TCHS.82.1.21-26>

Domènech, J. (2014). ¿Cómo lo medimos? Siete contextos de indagación para detectar y corregir concepciones erróneas sobre magnitudes y unidades. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 11(3), 398–409.

[https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2014.v11.i3.09](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2014.v11.i3.09)

Fernández, C., & Fernandes de Goes, L. (2014). “Conhecimento pedagógico do conteúdo: estado da arte no ensino de ciências e matemática”. En A. Garriz, S. Daza, & M.G. Lorenzo (Eds.), *Conocimiento Didáctico del Contenido. Una perspectiva Iberoamericana* (pp. 66-100). Saarbrück: Editorial Académica Española.

Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. In Berry, A., Friedrichsen, P., Loughran, J. (Eds). *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (pp. 28-42). New York, United States of America: Routledge.

Halim, L., Abdullah, S. I. S. S., & Meerah, T. S. M. (2014). Students' Perceptions of Their Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Science Education and Technology*, 23(2), 227–237.

<https://doi.org/10.1007/s10956-013-9484-2>

Halim, L., Meerah, S T., Zakaria, E., Abdullah, S. I. S. S., & Tambychik, T. (2012). An exploratory factor analysis in developing pedagogical content knowledge scale for teaching science. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 4(19), 3558–3564.

<https://maxwellsci.com/jp/abstract.php?jid=RJASET&no=222&abs=04>

Harman, H. H. (1980). *Análisis factorial moderno*. Madrid, España: Saltés.

Jang, S.J. (2010). Assessing college students' perceptions of a case teacher's Pedagogical Content Knowledge using a newly Developed Instrument. *Higher Education*, 61(6), 663–678.

<https://doi.org/10.1007/s10734-010-9355-1>

Johnston, J., & Ahtee, M. (2006). Comparing primary student teachers' attitudes, subject knowledge and pedagogical content knowledge needs in a physics activity. *Teaching and Teacher Education*, 22(4), 503–512.

<https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.11.015>

Kirschner, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gess-Newsome, J., & von Aufschnaiter, C. (2016). Developing and evaluating a paper-and-pencil test to assess components of physics teachers' pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 38(1), 1343–1372.

<https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1190479>

Lee, E., & Luft, J. A. (2008). Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1343- 1363.

<https://doi.org/10.1080/09500690802187058>

- Liepertz, S., & Borowski, A. (2019). Testing the Consensus Model: relationships among physics teachers' professional knowledge, interconnectedness of content structure and student achievement. *International Journal of Science Education*, 41(7), 890–910. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1478165>
- Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A., Hernández-Baeza, A., & Tomás-Marc, I. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica, revisada y actualizada. *anales de psicología*, 30(3) 1151-1169 <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.30.3.199361>
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391. <https://doi.org/10.1002/tea.20007>
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In Gess-Newsome, J. & Lederman, N. (Eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education* (pp. 95-132), Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publisher.
- Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., Dávila, M. A., Cañada, F., Conde, M.C., Costillo, E., Cubero, J., Esteban, R., Martínez, G., Ruiz, C., Sánchez, J., Garritz, A., Mellado, L., Vázquez, B., Jiménez, R. & Bermejo, M.L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 32(3), 11-36. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/v32-n3-mellado-borrachero-brigido-melo-et-al>
- Melo, L., Cañada, F., Mellado, V. (2017). Exploring the emotion in Pedagogical Content Knowledge about the electric field, *International Journal of Science Education*, 39(8), 1025-1044. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1313467>
- Neumann, K., Kind, V., & Harms, U. (2019). Probing the amalgam: the relationship between science teachers' content, pedagogical and pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 41(7), 847–861. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1497217>
- Nunnally, J. (1978) *Psychometric Theory*. New York, United States of America: McGraw-Hill.
- Ochoa, J.A.G., Marcos-Merino, J.M., Méndez, F., Mellado, V., & Esteban, M.R. (2019) Emociones académicas y aprendizaje de biología, una asociación duradera. *Enseñanza de las ciencias*, 37(2), 43-61. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2598>
- Palacios Díaz, R., & Criado García-Legaz, A. M. (2016). Explicaciones acerca de fenómenos relacionados con el volumen de líquido desplazado por un sólido en inmersión, con la densidad y con la flotación, en alumnado de Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 13(2), 230–247. [https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2016.v13.i2.02](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i2.02)
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261–284. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>
- Park, S., & Chen, Y.-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922–941. <https://doi.org/10.1002/tea.21022>
- Shayer, M., & Adey, P. (1986). *La ciencia de enseñar ciencias*. Madrid, España: Narcea.
- Sutton, R. & Wheatley, K. (2003). Teachers' emotions and teaching: A review of the literature and directions for future research. *Educational Psychology Review*, 15, 327–358. <https://doi.org/10.1023/A:1026131715856>
- van Driel, J, Berry, A & Meirink, J. (2014) Research on Science Teacher Knowledge. In S. Abell, & N. Lederman (Eds.). *Handbook of Research on Science Education Vol II*. (pp. 848-870) New York and London: Routledge.

Verdugo-Perona, J. J., Olmos, R., Solaz-Portolés, J. J., & Sanjosé, V. (2017). Structural analysis of pre-service teachers' pedagogical content knowledge on primary school science. *Interciencia*, 42(7), 446–450. <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/08/446-5958-SANJOSE-42-7.pdf>

**Recebido em:** 31.01.2022

**Aceito em:** 21.07.2022