

*Conocimiento Didáctico Del Contenido sobre el Modelo Cinético Molecular con Profesores Mexicanos de Educación Secundaria**

Pedagogical Content Knowledge on Kinetic Molecular Model with Mexican Secondary School Science Teacher

**Lina Melo⁽¹⁾, Esther Marín-Resendiz⁽²⁾,
Florentina Cañada⁽²⁾ y Guadalupe Martínez⁽²⁾**

(1) Departamento de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales
Universidad de Salamanca

(2) Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas
Universidad de Extremadura

Resumen: Este trabajo analiza el conocimiento didáctico del contenido sobre el modelo *cinético molecular* de cuatro profesores de secundaria con experiencia, en los primeros años de enseñanza de un nuevo currículo en ciencias para secundaria en México, a través del análisis de contenido. Nuestros resultados muestran como las categorías relacionadas con las orientaciones sobre la enseñanza de las ciencias, el conocimiento curricular, el conocimiento sobre las estrategias de enseñanza y la evaluación, no dependen de la formación del profesorado y los años de experiencia. Sin embargo el conocimiento sobre los estudiantes si mantiene relación con la formación del profesorado.

Palabras clave: conocimiento didáctico del contenido; modelo cinético molecular; enseñanza de la física y química; desarrollo profesional del profesorado.

Abstract: The study was designed to examine the initial characterization of the pedagogical content knowledge of four, in-service Mexican secondary education physics teachers on the concept of Kinetic Molecular Model in the first years of a new curriculum in secondary education in Mexico, through content analysis. Our results show that categories as orientation on teaching science, knowledge of the curriculum, knowledge about strategies for teaching science and knowledge about assessment, they do not dependent of teacher training and their years' experience. However, knowledge of students is related with teacher training.

Keywords: pedagogical content knowledge; secondary teaching; kinetic molecular model; physics and chemistry teaching; teacher training.

(Fecha de recepción: abril, 2016, y de aceptación: septiembre, 2016)
DOI: 10.7203/DCES.31.8169

* Las autoras agradecen al Gobierno de Extremadura y al Fondo Social Europeo por la financiación recibida para la realización de esta investigación (Proyecto GR15009) así como al Ministerio de Economía y Competitividad de España. Dirección General de Investigación (Proyecto: EDU2012-34140).

1. Introducción

De acuerdo con Shulman (1986) el conocimiento didáctico del contenido (CDC) es desarrollado por los profesores para ayudar a otros a aprender, y es construido en tanto ellos enseñan tópicos específicos de su área de saber (Abell, 2007). Muchos investigadores (Abell, 2007; Kind, 2009; Park y Chen, 2012, entre otros) consideran que tener un buen CDC es una condición necesaria para una enseñanza eficaz. Los resultados muestran que los cambios en el CDC se fomentan cuando el profesor desarrolla habilidades metacognitivas, que favorecen la reflexión y la autorregulación de los cambios que realiza en su práctica de aula, sobre su CDC y, sobre el aprendizaje de sus alumnos. Sin embargo la evolución de cada profesor es idiosincrásica, condicionada por su formación, experiencia y distintos aspectos personales, afectivos y sociales (Mellado et al., 2014).

El estudio que presentamos a continuación forma parte de una investigación más amplia cuya intención es mostrar el desarrollo del CDC con profesores de física de secundaria y bachillerato, a través de un programa de intervención en diferentes escenarios y sus implicaciones para la formación del profesorado. En este artículo nos centraremos en describir el CDC que tienen cuatro profesores mexicanos de secundaria de ciencias, sobre el modelo cinético molecular durante los primeros años de implementación de un nuevo currículo. Consideramos que la descrip-

ción del CDC es importante porque le permite al profesorado evaluar su enseñanza, además proporciona una visión holística de las necesidades y retos formativos que implican la adopción de un nuevo currículo.

El CDC, un elemento estructurante en la construcción del conocimiento profesional del Profesorado de Física

Por su naturaleza y especificidad dentro de la formación y desarrollo profesional, el CDC se ha convertido en una herramienta integral dentro de la labor docente (Park et al., 2011). Sin embargo, no es un ejercicio que se emprenda por sí solo y de manera espontánea, sino que requiere, por ejemplo, de una participación activa en procesos de reflexión metacognitiva (Mellado et al., 2006).

Las revisiones realizadas por Abell (2007), Acevedo (2009), Gess-Newsome (2015), Kind (2009), Schneider y Plasman (2011) y van Driel et al. (2014) sobre el CDC en ciencias muestran el carácter complejo que vincula su construcción; también ponen de manifiesto los distintos usos que se le ha dado al concepto en las investigaciones y las metodologías utilizadas para caracterizarlo. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones coinciden en la necesidad del CDC como constructo fundamental para la formación del profesorado.

Las investigaciones sobre el CDC en la enseñanza de la Física están referidas, en general sobre un tema en particular más que sobre ideas estructuran-

tes para la enseñanza de la Física como: calor y temperatura (Magnusson y Krajcik, 1993), fuerza (Halim y Meerah, 2002; Loughran et al., 2006), electricidad (Eylon y Bagno, 2006; Loughran et al., 2006), radiactividad (Orleans, 2010), gráficas en cinemática (Maries y Sing, 2013), modelos del universo y sistema solar (Henze et al., 2008), campo y fuerza eléctrica (Melo et al., 2015, 2016) y; prácticas de laboratorio (Nivalainen et al., 2010), desde las cuales se realiza la caracterización del CDC a través de sus componentes, o algunas de ellas.

El trabajo de Magnusson y Krajcik (1993) se centra en describir las estrategias de enseñanza utilizadas por los profesores durante la enseñanza de los conceptos calor y temperatura. Halim y Meerah (2002) estudian el conocimiento sobre las dificultades de aprendizaje de los estudiantes en las leyes de los gases y cambios de estado. A pesar de los distintos enfoques utilizados en estas investigaciones, coinciden en que: i) aquellos profesores con un bajo conocimiento sobre los estudiantes describen estrategias de enseñanza centradas en los contenidos disciplinares y, no en los estudiantes; ii) la falta de conocimiento en los contenidos de Física impide que los profesores anticipen posibles dificultades de aprendizaje. También condiciona sus concepciones sobre la naturaleza de las ideas de los estudiantes, y propicia que los profesores establezcan juicios erróneos sobre los errores conceptuales de sus estudiantes y iii) los escasos conocimientos de los contenidos en ciencias de los profesores son uno de

los principales obstáculos para emprender cambios en la práctica pedagógica.

Sadler et al. (2013) caracterizan el conocimiento que tiene un grupo de 181 profesores sobre las dificultades de aprendizaje de sus estudiantes y las propias ideas que mantienen los profesores sobre los contenidos que enseñan. Sólo el 17% de los profesores participantes tenían formación en Física. Los resultados nos sugieren que poseer formación en Física, no garantiza un reconocimiento de las dificultades de aprendizaje que pueden tener los estudiantes.

Finalmente, en el caso del modelo cinético molecular, los estudios vinculan profesores de Química tanto en formación, como con experiencia y está relacionado a la enseñanza del modelo atómico o la naturaleza de la materia. Sin embargo, poca atención se ha prestado desde el profesorado de Física. Garritz y Trinidad-Velasco (2006) con profesores mexicanos de bachillerato, comparando sus resultados con los reportados por Loughran et al. (2001) con profesores australianos, encuentran similitudes en el CDC de los profesores. Los profesores mexicanos señalan con mayor énfasis la idea sobre *“las partículas de diferentes sustancias son diferentes unas de las otras”* la cual es valorada por los autores como una idea crucial para el desarrollo ulterior del curso de Química, ya que permite alcanzar una clara apreciación microscópica del concepto de sustancia. Estos resultados también son confirmados en la investi-

gación de Passos Sá y Garritz (2014) con futuros profesores brasileños.

2. Metodología

Esta investigación está determinada por un paradigma cualitativo de tipo descriptivo, basada en argumentos interpretativos de un caso y una temática en particular. Se caracteriza por estudiar la calidad de las respuestas, los instrumentos y, la dinámica en donde ocurre el proceso a indagar. Buscamos una descripción detallada por medio del análisis y la interpretación de los datos. A continuación describimos el objetivo, participantes, instrumentos y el análisis de la información de nuestro estudio.

Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue describir el CDC sobre el modelo cinético molecular de cuatro profesores de secundaria para el nuevo currículo de secundaria (Ciencias II-Énfasis en Física). Este objetivo general se desglosa en las siguientes preguntas de investigación:

- (1) ¿Qué orientaciones tienen los profesores participantes (es decir, visiones y objetivos) sobre la enseñanza de las ciencias?
- (2) ¿Cuáles son sus conocimientos acerca del currículo sobre el modelo cinético molecular?
- (3) ¿Cuáles son sus conocimientos las dificultades de aprendizaje del alumnado sobre el tema modelo cinético molecular?

- (4) ¿Qué conocimientos tienen los profesores sobre las estrategias para la enseñanza del modelo cinético molecular?
- (5) ¿Cuáles son sus conocimientos sobre la evaluación para el modelo cinético molecular?

Participantes

Los profesores participantes han sido partícipes de los talleres de actualización sobre los programas de estudio 2006. Este grupo está formado por 30 docentes de los cuales, cuatro accedieron a participar. Los cuatro profesores son docentes en activo en México que actualmente imparten la asignatura de Ciencias II (Énfasis en Física), atendiendo a alumnos con una edad promedio de 13 y 14 años. Realizan su trabajo en el Distrito Federal y se caracterizan por tener una formación profesional distinta y una experiencia docente que oscila entre los 5 y 15 años de experiencia, tal como mostramos en el Cuadro I.

Instrumentos

Obtener el CDC de los profesores no es tarea fácil, especialmente porque se trata de recoger conocimientos muy particulares del pensamiento docente y hacer evidente, con ello, el razonamiento pedagógico personal. La recogida de datos se hizo utilizando la matriz diseñada por Loughran et al. (2006) como representación del contenido (ReCo) y analizando sus planificaciones.

Cuadro I

Características de los Profesores Participantes en el Estudio

Fuente: elaboración propia

Profesor	Edad	Grado Académico	Institución de Preparación Profesional	Experiencia Docente	Formación/ Pedagogía
T1	29	Físico	Universidad Nacional Autónoma de México.	5	No
T2	27	Licenciado en Educación secundaria con la especialidad en Física.	Escuela Normal Superior de México.	6	Si
T3	30	Licenciado en Educación básica con la especialidad en Ciencias Naturales.	Escuela Normal Superior de México.	7	Si
T4	36	Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Licenciado en Educación Secundaria especialidad Biología.	Universidad Autónoma Chapingo. Escuela Normal Superior de México.	8	Si

El propósito general del instrumento ReCo, el cual adjuntamos en el anexo, es ayudar a los profesores y permitirles codificar su conocimiento sobre la enseñanza de un contenido particular. Las preguntas contenidas en el instrumento están elaboradas atendiendo a las componentes del CDC de Magnusson et al. (1999). El instrumento es una tabla compuesta por filas y columnas que deben ser relacionadas. En la primera columna se presentan ocho preguntas que los autores determinan como constantes para obtener la información y en la primera fila superior se definen las ideas centrales del contenido a indagar las cuales son definidas por cada profesor.

El segundo método para la obtención de datos fue una adaptación de lo que Van Der Valk y Broekman (1999) llaman preparación de clases. El método consiste en los siguientes pasos:

- A los participantes se les pide diseñar una lección para enseñar un tema específico a una clase de una determinada edad y nivel.
- A los participantes se da una hora para completar la tarea de forma individual.
- Los libros de texto no están permitidos.
- A los participantes se les facilita información sobre el plan de estudios.

Después de diseñar la tarea, los participantes fueron entrevistados acerca de sus planificaciones.

Análisis de la Información

La sistematización de los datos y su análisis se realizó siguiendo las técnicas de análisis de contenido (Bardin, 1986). Las categorías fueron desarrolladas siguiendo el modelo del CDC de Magnusson et al. (1999): a) orientaciones sobre

la enseñanza de las ciencias, b) conocimiento del currículo, c) conocimiento sobre las dificultades de aprendizaje de los estudiantes, d) conocimiento sobre las estrategias, e) conocimiento sobre la evaluación y fue probado inicialmente sobre la información de dos profesores. Como resultado de este análisis algunas categorías fueron reformuladas y el resultado final se muestra en el Cuadro II.

Después de esto, se realizó un análisis en profundidad tanto de los ReCo

Cuadro II. Categorías de Análisis

Fuente: elaboración propia

Componente del CDC	Descripción	Subcategorías
a) Orientaciones sobre la enseñanza de las ciencias	Se refiere al conocimiento que tiene el profesorado alrededor de la disciplina que enseñan, también recoge las reflexiones emprendidas sobre la naturaleza de las ciencias, la enseñanza y el aprendizaje.	-Idea de Modelo en Ciencias -Naturaleza de las Ciencias -Idea de Aprendizaje y Enseñanza
b) Conocimiento del currículo	Se refiere a la organización, estructura y enfoque de enseñanza que orienta el desarrollo de las clases. También recoge el conocimiento sobre las metas y objetivos de enseñanza-aprendizaje.	-Contenidos, aspectos históricos, relación con la vida cotidiana -Objetivos de aprendizaje -Importancia del Contenido
c) Conocimiento sobre las dificultades de aprendizaje de los estudiantes	Se refiere al conocimiento que tiene el profesorado de sus estudiantes para ayudarlos a desarrollar las metas de aprendizajes dispuestas, y construir los conocimientos científicos seleccionados.	-Rol de las Ideas de los estudiantes durante la E-A del contenido -Dificultades y Facilidades de aprendizaje del contenido para los estudiantes -Motivación y participación
d) Conocimiento sobre las estrategias	Comprende la manera como se han de presentar los contenidos a los estudiantes en el momento de la enseñanza tales como actividades, metáforas, analogías, modelos, experimentos y explicaciones. También incluye los roles de los actores involucrados y la secuencia de enseñanza-aprendizaje.	-Rol del Profesor-Estudiante -Secuencia de Enseñanza -Estructura y tipo de Actividades
e) Conocimiento sobre la evaluación	Se refiere a la manera en la cual el profesorado evalúa el aprendizaje de los estudiantes, las intenciones que persigue con la evaluación y los instrumentos que utiliza para este fin.	-Objeto de la Evaluación -Tipo de Evaluación -Instrumentos de Evaluación

como de las planificaciones, extrayendo de cada instrumento distintas unidades de información las cuales fueron asignadas a cada categoría según su contenido, con el fin de establecer una descripción general de cada componente del CDC. Finalmente los resultados se presentaron a tres investigadores expertos para confirmar la relevancia y fiabilidad de la descripción, y se contrastaron con los datos obtenidos en la literatura.

3. Resultados

En esta sección presentamos la descripción del CDC del modelo cinéti-

co molecular de los cuatro profesores mexicanos de educación secundaria, fruto del análisis de contenido llevado a cabo sobre los instrumentos utilizados para describir el CDC. Los resultados se presentarán en función de las componentes del CDC: a) orientaciones sobre la enseñanza de las ciencias, b) conocimiento del currículo, c) conocimiento sobre las dificultades de aprendizaje de los estudiantes, d) conocimiento sobre las estrategias de enseñanza y e) conocimiento sobre la evaluación. Un resumen de los resultados por categoría se presenta en el Cuadro III.

Cuadro III. Características del CDC sobre el Modelo Cinético Molecular

Fuente: elaboración propia

	Subcategorías	T1	T2	T3	T4
<i>a) Orientaciones sobre la Enseñanza de las Ciencias</i>	Idea de Modelo	Modelo como contenido e interpretación del mundo.	Los modelos son utilizados como ejemplos de un contenido. El profesor reconoce elementos del desarrollo histórico de las ciencias.	Los modelos no son absolutos. El concepto de modelo es útil para explicar las cosas que observamos.	Los modelos sobre la teoría cinético molecular han cambiado a través de la historia, y están asociados a la naturaleza indefinida de las ciencias.
	Naturaleza de las Ciencias	La ciencia es un proceso inacabable.	La realidad puede ser explicada utilizando modelos.	La realidad puede ser explicada utilizando modelos.	Platea una visión indefinida de las ciencias.
	Ideas sobre la Enseñanza y Aprendizaje	La enseñanza se centra en la exposición de contenidos conceptuales.	El objeto de la enseñanza es desarrollar habilidades que permitan predecir y relacionar los contenidos. Aprendizaje del contenido estipulado según el plan de clase.	La enseñanza se centra en la exposición de contenidos conceptuales. Los estudiantes deben controlar ciertos conocimientos por cultura general.	El objeto de la enseñanza es desarrollar habilidades que permitan predecir y relacionar los contenidos. Aplicación de lo enseñado y conexión con el mundo real.

Cuadro III. (Continuación)

<i>b) Conocimiento del Currículo</i>	Contenidos	Los modelos más precisos consideran la estructura molecular, la velocidad, fuerzas, presión y enlaces entre las moléculas.	Se localiza el contenido y los subtemas dentro del currículo de secundaria.	Se localiza el contenido y los subtemas dentro del currículo de secundaria.	Se expresa un amplio conocimiento curricular (Horizontal y Vertical). Se establece la relación con otros contenidos.
	Objetivos	Los aprendizajes esperados se definan de forma global.	Los aprendizajes esperados se definan de forma global.	Los aprendizajes esperados se definan de forma global.	Los aprendizajes esperados se definan de forma global.
	Importancia del contenido	Medio para comprender la naturaleza de la materia.	Medio para comprender la estructura de la materia y discutir ideas previas.	Medio para comprender la naturaleza de la materia y discutir ideas previas.	Medio para comprender la estructura de la materia.
<i>c) Conocimiento sobre las Dificultades de aprendizaje de los Estudiantes</i>	Rol de las ideas de los Estudiantes	Las ideas de los estudiantes son reconocidas como importantes pero no son utilizadas durante la enseñanza del modelo cinético molecular.	Las ideas de los estudiantes son reconocidas como importantes y son consideradas errores a superar.	El profesor controla la evolución de las ideas de los estudiantes durante las clases.	Las ideas de los estudiantes son el resultado de la interacción contexto-conocimiento-profesor y estudiante.
	Dificultades y limitaciones para la comprensión de los contenidos	Se deben a la complejidad del contenido.	Se deben a aprendizajes no significativos y a la complejidad del contenido.	Son de origen epistemológico y didáctico.	Influye el interés del aprendiz y la complejidad del contenido.
	Motivación y participación	Utiliza actividades de reto y situaciones cotidianas para motivar.	Utiliza los exámenes para motivar.	La actitud del profesor y los experimentos influyen en la motivación.	La motivación depende del estudiante.

Cuadro III. (Continuación)

d) Conocimiento sobre las Estrategias de Enseñanza	Rol profesor-estudiantes	El profesor como principal actor.	Utiliza una postura motivadora donde se incluye al estudiante.	Los contenidos son los protagonistas.	Utiliza una postura motivadora donde se incluye al estudiante.
	Estrategias de enseñanza	El profesor explica, el estudiante aplica y el profesor evalúa.	El estudiante observa, explica y aplica, para luego ser evaluado.	El profesor explica, el estudiante aplica y el profesor evalúa.	El estudiante observa, explica y aplica, para luego ser evaluado.
	Estructura y tipo de actividades	-Cálculo de la densidad. -Ejercicios del libro de texto. -Reportes escritos de diferentes actividades sobre modelos de la materia. -Uso de biografías.	-Ejemplos y laboratorios sobre los estados de agregación de la materia. -Realización de Posters.	Exposición del profesor.	-Tareas individuales y en grupo. - Experimentos breves y demostraciones de cátedra. -Preguntas abiertas sobre las propiedades generales y específicas de la materia. - Cálculo de la densidad. -Ejercicios del libro de texto.
e) Conocimiento sobre la Evaluación	Objeto de la Evaluación	Las explicaciones y argument. de los estudiantes.	Las explicaciones y argumentaciones de los estudiantes.	La calidad de la ejecución de la actividad experimental, y las tareas bien ejecutadas.	Actitud y desempeño de los estudiantes.
	Tipos de Evaluación	Formativa y Sumativa.	Formativa y Sumativa.	Sumativa.	Formativa y Sumativa.
	Estrategias e instrumentos	Redacciones y preguntas abiertas.	Debates y participaciones orales.	Preguntas abiertas, guías de laboratorio y ejercicios del libro de texto.	Exámenes escritos personalizados.

a) *Orientaciones sobre la Enseñanza de las Ciencias:* todos los profesores muestran concordancia en la importancia que tiene el aprendizaje del tema para identificar, describir, compren-

der y entender el comportamiento del modelo cinético molecular, atendiendo a sus características y explicando cómo la materia está constituida por partículas para abordar otros conceptos. Tam-

bién señalan como las competencias y habilidades a desarrollar a partir del contenido les serán de utilidad a los estudiantes para el manejo de temas más complejos.

Los profesores T1 y T3 hacen énfasis en la importancia que tiene el tema para comprender fenómenos microscópicos y entender el desarrollo del pensamiento científico, identificando los cambios en la historia del modelo cinético para que los alumnos perciban que la ciencia es un proceso inacabable. Mostrando una tendencia más tradicional, los profesores T2 y T3, abordan el tema poniendo mayor interés en el concepto de materia y, en algunos casos, utilizando los modelos como ejemplo. Al respecto mencionan:

[...] la materia está constituida de partículas tan qué pequeñas están fuera del alcance de nuestros sentidos, por ello debemos construir ideas abstractas y/o modelos que puedan explicar los fenómenos que sí podemos apreciar con nuestros sentidos pero que no podemos explicar con las ideas comunes [ReCo, T1]

[...] utilizo los modelos como elementos básicos para ejemplificar por qué los objetos son sólidos, líquidos o gases (estados de agregación y propiedades) [ReCo; Planificación, T2]

Los profesores T2 y T4 declaran como objetivo de su enseñanza que los estudiantes estén capacitados para caracterizar cualquier situación que se

les presente y, sobre todo, que puedan establecer relaciones. Los profesores T1 y T3 se caracterizan por ser los protagonistas del proceso de enseñanza y aprendizaje, describen una práctica que tiene una mayor carga teórica con poco uso de estrategias, para involucrar el pensamiento de los estudiantes.

b) *Conocimiento del Currículo*: la comprensión del término *ideas centrales* en el ReCo es importante, ya que son el núcleo de la comprensión y la enseñanza del modelo cinético molecular. Dichas ideas se utilizan generalmente en la planificación de la enseñanza del tema. Un resumen de las ideas consensuadas por los 4 profesores se presenta a continuación:

- La construcción de un modelo para explicar la materia. El concepto de modelo es útil para explicar las cosas que observamos.
- Aspectos básicos del modelo cinético de partículas: El espacio entre las partículas está vacío, las partículas están en constante movimiento, existe relación entre la estructura de la materia y sus propiedades físicas y químicas.
- Desarrollo histórico del modelo cinético de partículas de la materia: de Newton a Boltzmann.
- Volumen, masa y densidad, interpretados a través del modelo cinético molecular a través del papel que desempeña la velocidad de las partículas.
- Estado sólido, líquido y gaseoso
- Conservación de la materia

Los profesores consideran que estas ideas están directamente relacionadas con la generación de imágenes y representaciones mediante el análisis del modelo cinético molecular de la materia, a partir del estudio de fenómenos que sirven como puente entre los niveles de abstracción macroscópico y microscópico. Como consecuencia, los estudiantes pueden elaborar otro tipo de interpretaciones de los fenómenos no mecánicos, como los asociados con el calor.

La importancia del tema radica en desarrollar en el alumnado las competencias y habilidades que les serán de utilidad para el manejo de temas más complejos. Los aprendizajes esperados se definen de forma global, entre ellos: i) construir explicaciones sencillas de procesos o fenómenos macroscópicos como los asociados con el calor, la presión o los cambios de estado, utilizando el modelo cinético corpuscular; ii) comprender el papel de los modelos en las explicaciones de los fenómenos físicos así como sus ventajas y limitaciones, iii) aplicar e integrar habilidades, actitudes y valores durante el desarrollo de proyectos, enfatizando el diseño y la elaboración de dispositivos y experimentos que les permitan explicar y predecir algunos fenómenos del entorno.

Los profesores T2 y T4 hacen énfasis en la importancia del contenido como mecanismo para identificar cómo se compone la materia y, con ello, interpretar cualquier estado de agregación. Los profesores T1 y T3 señalan su importancia para comprender las caracterís-

ticas y funcionalidad de los sólidos, su conformación, comportamiento y como base de los conocimientos para describir y comprender fenómenos resultantes de la interacción molecular.

Los profesores T3 y T4 sugieren la utilización del contenido para discutir dificultades de aprendizaje, como son: la diferencia entre masa y peso; la invariabilidad de la cantidad de materia aunque se modifique el movimiento de sus partículas; y la idea de vacío. Todos indican que el contenido es útil para comprender y concretar conceptos abstractos, también proporciona las bases teóricas para Ciencias III (Énfasis en Química). Sin embargo, no discuten sobre el dominio de validez del modelo cinético molecular si se considera la naturaleza y comportamiento químico de la materia.

c) Conocimiento sobre las dificultades de Aprendizaje de los Estudiantes: la mayor diferencia entre los descriptores se encuentra entre las dificultades hacia la enseñanza del modelo cinético molecular y el papel de la motivación y la participación dentro del proceso de aprendizaje.

Las explicaciones más frecuentes sobre las dificultades de las estudiantes recaen en razones externas al profesor como son las características del contenido, las ideas que prevalecen después de la instrucción, las estrategias cognitivas utilizadas por los estudiantes durante la realización de distintas tareas y la falta de interés de los estudiantes por temas que muestran más

carga teórica. Las preconcepciones que limitan su aprendizaje están relacionadas con los temas de masa, peso, fuerza y presión. También incluye la falta de tiempo, materiales didácticos y el escaso uso de las TIC.

En cuanto al rol asignado a las ideas de los estudiantes, todos los profesores mencionan cómo intentan conectarlas con lo que se hace en clase. Los profesores T2 y T3, quienes tienen formación en pedagogía, las clasifican como ideas erróneas o compatibles con las científicas, además son los profesores que más ideas relacionadas con aprendizaje no significativo o insuficiente, identifican. Además, el profesor T3 es el que mayor conocimiento expresa sobre las ideas de los estudiantes, vinculando aspectos relacionados tanto con el aprendizaje como con su enseñanza.

Alrededor de la participación y la motivación de forma tradicional, el profesor T2 utiliza los exámenes para motivar a sus estudiantes hacia el aprendizaje permanente. T1 presenta la relación de lo que se ve con lo cotidiano para incrementar la motivación, además de la proporción de retos que los estudiantes deben desarrollar. Por último, T4 señala cómo la motivación es responsabilidad única del estudiante a pesar de centrar su enseñanza en el estudiante.

d) Conocimiento sobre estrategias de enseñanza: en general, la estructura de las secuencias didácticas no cumple con las actividades suficientes para cubrir los aprendizajes esperados del tema. Sin embargo, los resultados nos

sugieren que los profesores adoptan tres posturas muy diferenciadas sobre las estrategias de enseñanza las cuales describimos a continuación:

- (1) El profesor como principal actor del proceso E-A preocupado por su retórica y exposición personal, de la cual deriva actividades como ejercicios del libro de texto para el cálculo de la densidad, laboratorios, applets y consulta de biografías para ver la evolución de los modelos sobre la configuración de la materia (T1).
- (2) Postura motivadora centrada en el rol del alumnado, en la elaboración de actividades de comprensión lectora, exposiciones y actividades experimentales. De forma particular se propone el uso de tablas comparativas para especificar las propiedades de la materia de forma individual y luego grupal, la creación de posters donde se presenta la esquematización de los estados de agregación de la materia y la construcción de modelos a partir de experiencias de laboratorio (T2 y T4).
- (3) Postura estática en la cobertura de los contenidos al no abordar de forma eficiente los temas y extenderse en la comprensión de uno sólo, lo que denominamos posturas cómodas. El profesor realiza actividades en el tema que es de su dominio, sin lograr la cobertura y relación mínima de la totalidad de los temas en un bloque de

contenidos. Se plantean: i) actividades de inicio donde se presenta el tema y ejemplos de modelos; ii) actividades de desarrollo: donde se establece vínculos entre los diferentes estados de agregación y su organización molecular; y, iii) actividades de cierre donde el profesor presenta la interpretación de las ideas principales y análisis sobre la importancia del tema (T3).

e) *Conocimiento sobre la Evaluación*: los cuatro profesores coinciden en llevar a cabo una evaluación continua, utilizando diferentes instrumentos, que les permita emitir juicios para realizar las acciones pertinentes que ayuden a mejorar el desempeño de sus alumnos. Los profesores T1, T2, y T4 hacen referencia al carácter formativo de la evaluación en esta etapa académica sin ahondar en su significado.

El profesor T1 indica que evalúa la coherencia en las explicaciones, la redacción sobre un tema, la capacidad de argumentar, la transformación de unidades, la solución de ejercicios y la representación de los estados de la materia. Utiliza las participaciones orales, los exámenes escritos y la retroalimentación como mecanismos de evaluación. El profesor T2 utiliza las participaciones orales y debates para comprobar la comprensión de sus estudiantes. El profesor T3 evalúa la calidad de la actividad experimental y sus conclusiones, el orden, la limpieza, la calidad de la información suministrada en clase y la

correcta explicación del modelo cinético de partículas. Para este fin utiliza los análisis de lecturas, creación de comics, líneas de tiempo, preguntas abiertas, ejercicios del libro de texto y explicación de actividades experimentales de forma individual o grupal.

Finalmente, el profesor T4 declara que *“la evaluación tradicional he procurado dejarla de lado”*, esto justifica la inclusión de la autoevaluación en función de los desempeños curriculares y las actitudes de los estudiantes, el desarrollo de proyectos y maquetas, y la realización de evaluaciones escritas personalizadas. Como objeto de la evaluación señala la proposición de explicaciones por parte de los estudiantes. Al respecto comenta:

En base a la experiencia en otros bimestres y después de tocar el tema de medición y ellos elaboran sus propios instrumentos para medir masa, y longitud, incluyendo el que ellos bauticen sus unidades de medida. Posteriormente en otras prácticas ellos determinan la densidad pero con sus unidades de medición [ReCo; Planificación, T4]

4. *Discusión y Conclusión*

Esta investigación contribuye a la comprensión del conocimiento profesional del profesorado de secundaria sobre el modelo cinético molecular, y cómo el CDC puede influir en la enseñanza de la Física.

Con relación al objetivo de nuestro estudio, los resultados encontrados

sobre las orientaciones sobre la enseñanza de las ciencias para el profesor T1 con menos años de experiencia en la enseñanza de la Física están en concordancia con los reportados por De Jong et al. (2005) con profesores en formación, donde los profesores declaran concebir los modelos como construcciones inventadas por los científicos, pero en su práctica docente los presentan como objetos o hechos. Los autores indican que este hecho se debe a la falta de conocimiento de estrategias de enseñanza específicas sobre el contenido. Los resultados de los profesores T2, T3 y T4 tienen relación con los presentados por Henze et al. (2008) donde los objetivos curriculares y la idea de modelo en ciencias reflejan una combinación de una visión positivista e instrumentalista de las ciencias.

En cuanto al conocimiento curricular los resultados no dependen de la formación del profesorado, los años de experiencia y las orientaciones sobre la enseñanza de las ciencias. Estos resultados difieren de los encontrados por Seung et al. (2012) con profesores con y sin experiencia, durante el proceso de implantación de un nuevo currículo sobre la materia y la energía. Sus resultados muestran que los profesores con experiencia construyen los objetivos de sus asignaturas en función del conocimiento que tienen de los estudiantes, mientras que los profesores noveles lo construyeron en función del conocimiento sobre el contenido. Nuestros resultados también difieren de los reportados por Henze et al. (2008)

quienes concluyen que el conocimiento curricular se relaciona de forma consistente con el conocimiento sobre las estrategias y los estudiantes. De Jong y Taber (2014) indican que las versiones distorsionadas sobre los modelos a nivel curricular, son causadas por los conocimientos sobre la disciplina que mantienen los profesores, la presión en completar un programa de contenidos y las mediaciones que realiza el profesor entre el modelo formal a enseñar, el cual considera demasiado difícil, y lo que se considera probable y adecuado para el aprendizaje de sus estudiantes.

Los resultados relacionados con el conocimiento de los estudiantes tienen relación con los encontrados por Sadler et al. (2013), quienes concluyen que poseer formación en física no garantiza un reconocimiento de las dificultades de aprendizaje que pueden tener los estudiantes. Al respecto Henze et al. (2008) consideran que la falta de identificación de dificultades de aprendizaje se debe a la falta de conocimiento del contenido que se enseña. Melo et al. (2015) concluye que se debe a la idea que los profesores tienen sobre la naturaleza de las ideas de los estudiantes y su interés por conocer las dificultades que se reportan en la literatura. Sin embargo, los profesores de nuestro estudio con formación en pedagogía son los que más dificultades de aprendizaje relacionadas con el contenido identifican, aunque las ideas de los estudiantes sean consideradas como errores a superar, situación que influye en la proposición de las estrategias de enseñanza.

La categoría conocimiento sobre las estrategias de enseñanza al igual que el conocimiento curricular no dependen de la formación y los años de experiencia, pero sí guarda relación con las ideas de enseñanza que expresan los profesores. Las estrategias propuestas por los profesores T2 y T4 son similares a las propuestas por Wightman et al. (1987) pero difieren de las reportadas por Garritz y Trinidad-Velasco (2006) con profesores mexicanos de ciencias sobre la enseñanza de la estructura de la materia, donde los profesores presentaron una gran variedad de puntos de vista o formas de abordar el tema, en algunos casos complementarias.

La componente de la evaluación es uno de los dominios que menos unidades codificadas tiene en comparación con el conocimiento sobre los estudiantes o las orientaciones hacia la Física. Este resultado está en concordancia con los estudios de Lee y Luft (2008) y Melo et al. (2013, 2015, 2016). En el estudio de Lee y Luft (2008) se concluyó que la razón de la poca importancia dada a la evaluación se debía a que los profesores consideraban que su conocimiento de los recursos no se había integrado a su CDC. En nuestro estudio se debe a la inclusión del nuevo contenido y su planificación. A pesar de este hecho los profesores de nuestro estudio describen una evaluación formativa, que tiene en cuenta a los estudiantes y que relaciona de forma coherente el objeto, los instrumentos de evaluación y el conocimiento sobre las estrategias de enseñanza, tal como reporta Alvarado et al. (2015) en

un estudio con profesores mexicanos sobre el CDC para la acidez y basicidad.

En términos generales nuestros resultados muestran como las categorías relacionadas con las orientaciones sobre la enseñanza de las ciencias, el conocimiento curricular, el conocimiento sobre las estrategias de enseñanza y la evaluación, no dependen de la formación del profesorado y los años de experiencia. Sin embargo el conocimiento sobre los estudiantes sí mantiene relación con la formación del profesorado.

Por otro lado el CDC de T1 se caracteriza por centrarse en el contenido de los modelos y optar por metodologías tradicionales, mientras el CDC de T4 sostiene metodologías de enseñanza con una fuerte componente constructivista, además es el profesor que muestra un CDC más especializado sobre el modelo cinético-molecular. Finalmente el CDC de T2 y T3 en términos de García y Cubero (2000) presenta rasgos de una tendencia de enseñanza constructivista simplificada siendo T2 quien presenta un mayor desarrollo en la componente sobre el conocimiento sobre las estrategias de enseñanza y T3 para el conocimiento sobre los estudiantes. Sin embargo, en los dos casos se asume que el estudiante construye sólo los significados dados por el profesor.

La diversidad de los resultados sobre el CDC de los cuatro profesores frente a la formación y experiencia del profesorado nos sugiere la necesidad de emprender un proceso de reflexión orientado con los profesores para desarrollar su CDC sobre el modelo cinético-

molecular, pues no es suficiente el tener muchos años de experiencia o una formación afín al contenido que se enseña para emprender procesos de enseñanza eficaz. Por tal motivo es de interés documentar cómo se desarrolla el CDC de los profesores de física con muestras más representativas y el papel que juega los factores contextuales, personales, sociales y afectivos. También lo es la repercusión del CDC sobre el aprendizaje de los estudiantes, un tema aún inexplorado en las investigaciones.

5. Referencias bibliográficas

- ABELL, S. (2007). Research on Science Teacher Knowledge. En Abell, S., y Lederman, N (Eds.) *Handbook of Research on Science Education* (pp. 1105-1149). New York and London: Lawrence Erlbaum Associates.
- ACEVEDO, J. (2009). Conocimiento Didáctico del Contenido para la Enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia (I): El Marco Teórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación*, 6(1), 21-46.
- ALVARADO, C., CAÑADA, F., GARRITZ, A., y MELLADO, V. (2015). Canonical pedagogical content knowledge by CoRes for teaching acid-base chemistry at high school. *Chemistry Education Research Practice*, 16, 603-618. DOI: 10.1039/c4rp00125g
- BARDIN, L. (1986). *El análisis de contenido*. Madrid: Akal.
- DE JONG, O. y TABER, K. (2014). The Many Faces of High School Chemistry. In Abell, S., and Lederman, N (Eds.) *Handbook of Research on Science Education* Vol II. (pp. 457-480) Routledge: New York and London
- DE JONG, O., VAN DRIEL, J.H. y VERLOOP, N. (2005). Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(8), 947-964.
- EYLON, B. y BAGNO, E. (2006). Research-design model for professional development of teachers: Designing lessons with physics education research. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 2(2), 0201061-14. DOI: 10.1103/PhysRevSTPER.2.020106
- GARCÍA, J.E. y CUBERO, R. (2000). Constructivismo y formación inicial del profesorado: las concepciones de los estudiantes de Magisterio sobre la naturaleza y el cambio de las ideas del alumnado de Primaria. *Investigación en la Escuela*, 42, 55-65.
- GARRITZ, A. y TRINIDAD-VELASCO, R. (2006). El conocimiento pedagógico de la estructura corpuscular de materia. *Educación Química*, 17(extraord.), 236-263.
- 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. y Loughran, J. (Eds.) *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in*

- Science Education* (pp. 28-42). New York: Routledge.
- HALIM, L. y MEERAH, S.M.M. (2002). Science trainee teachers' pedagogical content knowledge and its influence on physics teaching. *Research in Science & Technological Education*, 20(2), 215-225.
- HENZE, I., VAN DRIEL, J. H. y VERLOOP, N. (2008). Development of Experienced Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Models of the Solar System and the Universe. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1321-1342. DOI: 10.1080/09500690802187017
- KIND, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169-204. DOI: 10.1080/09500690802226062
- LEE, E. y LUFT, J. A. (2008). Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30, 1343- 1363. DOI: 10.1080/09500690802187058
- LOUGHRAN, J., BERRY, A. y MULLHALL, P. (2006). *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. Rotterdam: Sense Publishers.
- LOUGHRAN, J. J., BERRY, A., MULLHALL, P. y GUNSTONE, R. F. (2001). Attempting to capture and portray science teachers' pedagogical content knowledge: Particle theory. Melbourne: Monash University.
- MAGNUSSON, S. y KRAJCIK, J. (1993). *Teacher Knowledge and Representative of Content in Instruction about Heat Energy and Temperature*. En Annual meeting of National Association for Research in Science Teaching, Atlanta.
- MAGNUSSON, S., KRAJCIK, J. y BORKO, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. En Gess-Newsome, J. y Lederman, N. (Eds). *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education*. (pp. 95-132) Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publisher.
- MARIES, A. y SINGH, C. (2013). Exploring one aspect of pedagogical content knowledge of teaching assistants using the test of understanding graphs in kinematics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9(2), 0201201-14. DOI: 10.1103/PhysRevSTPER.9.020120
- 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. y BERMEJO, M.L. (2014) Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32 (3), 11-36.

- MELLADO, V., RUIZ, C., BERMEJO, M. L. y JIMÉNEZ, R. (2006). Contributions from the philosophy of science to the education of science teachers. *Science and Education*, 15(5), 419-445.
- MELO, L.V., CAÑADA, F., y MELLADO, V. (2015). Initial Characterization of a Colombian High School Physics Teacher ' Pedagogical Content Knowledge on Electric Fields. *Research in Science Education*. First Online, 1-24. DOI:10.1007/s11165-015-9488-4.
- MELO, L.V., CAÑADA, F., MELLADO, V. y BUITRAGO, A. (2016). Desarrollo del Conocimiento Didáctico del Contenido en el caso de la enseñanza de la Carga Eléctrica en Bachillerato desde la práctica de aula. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 459-475. DOI: 10498/18300
- MELO, L. V., CAÑADA, F., MELLADO, V., DÍAZ, M. y MELO, D. (2013). La evaluación como componente de análisis del conocimiento didáctico del contenido en el caso del campo eléctrico. *Campo Abierto. Revista de Educación*, 32(2), 173-192.
- NIVALAINEN, V., ASIKAINEN, M. A., SORMUNEN, K. y HIRVONEN, P. E. (2010). Preservice and In-service Teachers' Challenges in the Planning of Practical Work in Physics. *Journal of Science Teacher Education*, 21(4), 393-409. DOI: 10.1007/s10972-010-9186-z
- ORLEANS, A.V. (2010). Enhancing Teacher Competence through Online Training. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 19(3), 371-386.
- PARK, S., y 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.
- PARK, S., JANG, J.-Y., CHEN, Y.C. y JUNG, J. (2011). Is Pedagogical Content Knowledge (PCK) Necessary for Reformed Science Teaching?: Evidence from an Empirical Study. *Research in Science Education*, 41(2), 245-260.
- PASSOS SÁ, L. P. y GARRITZ, A. (2014). O conhecimento pedagógico da «natureza da matéria» de bolsistas brasileiros participantes de um programa de iniciação à docência. *Educacion Quimica*, 25(3), 363-379.
- SADLER, P. M., SONNERT, G., COYLE, H. P., COOK-SMITH, N. y MILLER, J. L. (2013). The Influence of Teachers' Knowledge on Student Learning in Middle School Physical Science Classrooms. *American Educational Research Journal*. 50(5), 1020-1049.
- SCHNEIDER, R. M. y PLASMAN. K. (2011). Science Teacher Learning Progressions: A Review of Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Development, *Review of Educational Research*, 81(4), 530-565.

- SEUNG, E., BRYAN, L. A., y HAUGAN, M. P. (2012). Examining Physics Graduate Teaching Assistants' Pedagogical Content Knowledge for Teaching a New Physics Curriculum. *Journal of Science Teacher Education*, 23(5), 451-479.
- SHULMAN, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.
- VAN DER VALK, T., y BROEKMAN, H. (1999). The Lesson Preparation Method: a way of investigating pre-service teachers' pedagogical content knowledge. *European Journal of Teacher Education*, 22(1), 11-22.
- VAN DRIEL, J, BERRY, A. y MEIRINK, J. (2014). Research on Science Teacher Knowledge. In Abell, S., y Lederman, N. (Eds) *Handbook of Research on Science Education* Vol II. (pp. 848-870) Routledge: New York and London.
- WIGHTMAN, T., JOHNSTON, K. y SCOTT, P. (1987). *Children's' learning in science project (CLIS). Approaches to teaching the particulate theory of matter*. Leeds, England: Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.

