



El conocimiento didáctico del contenido (CDC) de una profesora de ciencias: reflexión y acción como facilitadores del aprendizaje

Pedagogical content knowledge (PCK) of a science teacher: reflection and action as facilitators of learning

Bartolomé Vázquez-Bernal, Roque Jiménez-Pérez
Departamento de Didácticas Integradas, Universidad de Huelva
bartolome.vazquez@ddcc.uhu.es, rjimenez@ddcc.uhu.es

Vicente Mellado Jiménez
Departamento de Didácticas de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura
vmellado@unex.es

RESUMEN • Se aborda un estudio de caso de una profesora de Enseñanza Secundaria de ciencias experimentales a lo largo del tiempo en diferentes periodos. El ámbito de estudio se centra en el aprendizaje escolar y los obstáculos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se desarrolla en tres fases diferentes y parte de una visión compleja del conocimiento profesional, relacionada con la innovación escolar y el tipo de contenido que se implementa: disoluciones y formación del suelo. Los resultados muestran un desarrollo de la profesora asociado a la fortaleza de los conocimientos previos del tópico, pero limitada por la dificultad de asumir plenas posiciones constructivistas respecto al aprendizaje del alumnado y la forma de indagar colectivamente en el aula las dificultades de aprendizaje. Se establecen algunas implicaciones en relación con la formación inicial del profesorado.

PALABRAS CLAVE: Conocimiento didáctico del contenido; Desarrollo profesional; Obstáculos de aprendizaje; Complejidad y estudio de caso

ABSTRACT • A case study of an experimental secondary school science teacher over time in different periods is presented. The scope of study focuses on School Learning and Obstacles in the teaching-learning process. It starts from a complex vision of professional knowledge and is developed in three different phases, related to school innovation and the type of content that is implemented: Solutions and Soil Formation. The results show a teacher's development associated with the strength of previous knowledge of the topic, but limited by the difficulty of assuming full constructivist positions regarding student-learning and how to collectively study learning difficulties in the classroom. Some implications are established in relation to the initial training of teachers.

KEY WORDS: Pedagogical content knowledge; Professional development; Learning obstacle; Complexity and case study

Recepción: enero 2018 • Aceptación: octubre 2018 • Publicación: marzo 2019

Vázquez Bernal, B., Jiménez Pérez, R., y Mellado Jiménez, V. (2019). El conocimiento didáctico del contenido (CDC) de una profesora de ciencias: reflexión y acción como facilitadores del aprendizaje. *Enseñanza de las ciencias*, 37(1), 25-53.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2550>

INTRODUCCIÓN

El profesorado es un agente activo que aprende y adquiere conocimiento en su interacción con el alumnado y el contexto (Bada, 2015). Este aprendizaje está destinado a influir, a su vez, en la forma en que el alumnado construye sus conocimientos (Hattie, 2008), sin embargo, este proceso no está exento de obstáculos, ya que se trata de un sistema complejo, interactivo y retroalimentado (Morin, 1999). El problema que queremos abordar es cómo se desarrollan los conocimientos de una profesora de ciencias experimentales a lo largo del tiempo, especialmente en lo que se refiere a la reflexión y la práctica en el aula (en adelante, la acción) centrándolo en la forma que entiende el aprendizaje del alumnado y cómo aborda los obstáculos que encuentran en este proceso. El trabajo afronta este desarrollo a través de una hipótesis llamada complejidad, donde la complejidad se percibe como el desarrollo de la competencia del profesor de ciencias para interactuar y establecer relaciones (Vázquez-Bernal, Jiménez-Pérez y Mellado, 2007; 2012).

Asumiendo, por tanto, que el profesorado ejerce una profesión de aprendizaje permanente, estamos interesados en esta interpretación epistemológica del obstáculo, pero orientada al aprendizaje (Bachelard, 1983), donde más que eliminado ha de ser identificado (Astolfi, 1999). Visto así, el obstáculo podría ser interpretado como una forma alternativa de pensamiento docente que influye en sus reflexiones y acciones.

En este proceso de aprendizaje cumple un papel relevante el término conocimiento didáctico del contenido (CDC). En este sentido, más de treinta años después de la aparición del término CDC, el debate en torno a este constructo continúa vigente. Investigaciones recientes expresan que es un conocimiento diferenciado al pedagógico y al del contenido dentro del conocimiento profesional (Kirschner *et al.*, 2016), desigual entre el profesorado en ejercicio y en formación (Brines, Solaz y Sanjosé, 2016), jugando la reflexión un papel trascendental en el proceso de construcción y consolidación del conocimiento profesional (Rivero *et al.*, 2017).

A lo largo de las páginas siguientes, nos adentraremos en el estudio de un caso, el desarrollo de una profesora en función de su capacidad de reflexión y de sus acciones, considerando en particular el desarrollo a lo largo de los años (por supuesto, en momentos específicos de ese periodo). Nuestra intención es conocer facetas en las que los estudios empíricos no pueden profundizar, pero que estimamos necesarias para establecer vínculos teóricos (Brannen, 2016) en una profesión que depende de complejas interrelaciones (Murray, 2014). Creemos que es una cuestión pertinente y reiterativa en la didáctica de las ciencias experimentales en nuestro país, habida cuenta de la dicotomía existente en el profesorado: partidarios de un enfoque metodológico tradicional *versus* alternativo (Gil Flores, 2017).

MARCO TEÓRICO

El conocimiento didáctico del contenido: una revisión del término

El concepto de CDC fue introducido por Shulman (1986), quien lo describió como una amalgama especial de contenido y la propia pedagogía del maestro/a. A finales de los noventa, parecía haber un cierto grado de consenso sobre el CDC del profesorado de ciencias, que incluía conocimientos sobre el pensamiento del alumnado sobre la ciencia, el currículo de ciencias, las estrategias de instrucción específicas de la ciencia, la evaluación del aprendizaje científico del alumnado y de los enfoques de la enseñanza de la ciencia (Magnusson, Krajcik y Borko, 1999). Van Driel y otros (2002), en una revisión sobre el desarrollo de CDC por parte del profesorado, hallaron que este desarrollo depende de una comprensión conceptual razonablemente profunda del contenido y de las concepciones y dificultades de aprendizaje del alumnado.

Feiman-Nemser (2008), en otra revisión, hizo hincapié en la escasez de estudios longitudinales del aprendizaje del profesorado, pero la estima importante, dada la aceptación de la idea de que el aprendizaje de los profesores tiene lugar a lo largo de su carrera. Schneider y Plasman (2011) informaron de algunos resultados sorprendentes, observando que el CDC del profesorado experimentado era muy similar al de los noveles, hallazgos confirmados por Kleickmann *et al.* (2013).

Depaepe, Verschaffel y Kelchtermans (2013), en una revisión más amplia, identificaron diversas conceptualizaciones del CDC que, a su vez, tenían una influencia diferencial sobre los métodos utilizados en su estudio. Hashweh (2013), por su parte, defendía la necesidad de desarrollar modelos de aprendizaje y desarrollo profesional del profesorado específicos de cada materia en relación con el CDC. Por su parte, Nilsson (2014) se centró en la necesidad de involucrar al alumnado en el proceso de aprendizaje profesional propio de los profesores. Estudios recientes apuntan en esta dirección (McNeill *et al.*, 2016), indicando que la argumentación es importante para evaluar mejor las necesidades de los docentes y desarrollar experiencias de apoyo a la formación del profesorado, pudiendo activar el conocimiento del profesorado conectándolo con sus experiencias anteriores.

Partiendo de un encuentro en EE. UU. en 2012 (The PCK Summit, Colorado Springs), Gess-Newsome y Carlson (2013) enfatizaron que el CDC es un atributo personal del profesorado, considerando conocimiento y acción (Garritz, 2014). De acuerdo con estos autores, existen unas bases del conocimiento profesional del profesor y, en la parte que le corresponde a cada tópico de enseñanza, un conocimiento profesional específico del tópico (figura 1). En este sentido, el CDC se define como el conocimiento, el razonamiento y la planificación para la enseñanza de un tema en particular, de una manera particular, para un propósito particular, a unos estudiantes en particular, para mejorar los resultados de los estudiantes; a su vez, el término acción incluiría las habilidades (CDC y H), y se define como el acto de enseñar un tema particular, de una manera particular, para un propósito particular, a estudiantes particulares, para mejorar los resultados estudiantiles (Gess-Newsome, 2015). Por tanto, el CDC estaría basado en unos conocimientos canónicos (establecidos) básicos generales y específicos que permiten al profesorado los atributos del CDC.

Cuando hablamos de integración en el contexto del aula, estamos promoviendo la integración de conocimientos y habilidades a través de la acción en el aula, que incluiría aspectos del CDC, habilidades y contexto. Los obstáculos para el desarrollo del profesor pueden colocarse en diferentes planos según esta nueva perspectiva: bases del conocimiento profesional, conocimiento profesional específico del tópico, amplificadores y filtros (creencias, orientaciones, conocimiento previo y contexto), etc. Creemos en la posibilidad de capturar algunos aspectos del CDC a través del análisis de la reflexión y la acción, términos entendidos en el sentido propuesto por Schön (1983).

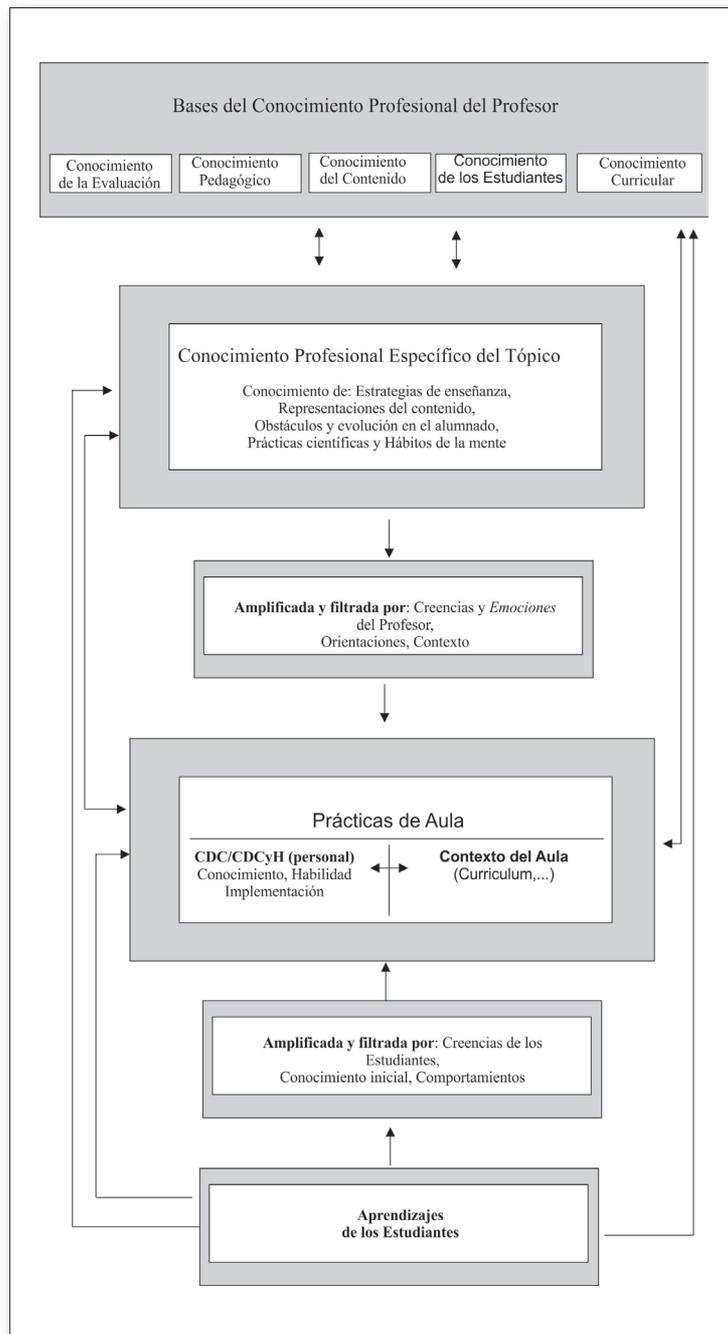


Fig. 1. Modelo del conocimiento profesional del profesor. Adaptada de Gess-Newsome (2013; 2015).

Integración de reflexión-acción como desarrollo profesional

En nuestro marco teórico, el concepto de reflexión desempeña un papel sobresaliente como sostenimiento de la dialéctica teórico-práctica del profesorado, actuando como catalizador del desarrollo profesional. El modo en que el profesorado piensa está determinado por la interdependencia de las facetas del contexto general en el que llevan a cabo su práctica cotidiana (Woodbury y Gess-Newsome,

2002), la forma en que la reflexión se enfoca (Jay y Johnson, 2002) o la profundidad de esta (Lotter y Miler, 2017). Al integrar el CDC diversas formas de conocimientos (Kirschner *et al.*, 2016), esto es, declarativo (qué enseñar), condicional/reflexivo (por qué) y procedimental (cómo enseñar y planificar), encontramos en los procesos reflexivos orientados a la acción una forma de «atrapar» y caracterizar determinados aspectos del CDC; sin embargo, la reflexión es un proceso complejo de la mente; así, para Lledó (2002) es una metáfora visual, donde el espejo de las palabras busca la racionalidad, mientras que para Dewey (1993) su función es transformar una situación conflictiva en un conflicto.

En este intento de conferir racionalidad a los procesos reflexivos orientados a la acción de aula, la hipótesis de la complejidad se concibe como el desarrollo de la competencia del profesorado de ciencias para interactuar con el entorno educativo, social y natural, en el ejercicio de su profesión y a través de una reflexión orientada a la praxis (Vázquez-Bernal, Jiménez-Pérez y Mellado, 2007a; 2012). Las etapas de desarrollo se consideran procesos cada vez más complejos, que afectan a aspectos ideológicos, educativos, contextuales, epistemológicos, curriculares y emocionales. Según Gess-Newsome (2015), esta capacidad condiciona su desarrollo en la búsqueda de modelos personales de educación, propios de cada docente.

Se proponen tres dimensiones, con un gradiente de interacción social, desde una técnica, relacionada con la denominada racionalidad técnica (eficiencia), que consideramos un obstáculo (Habermas, 1984), hasta una crítica o emancipadora, pasando por una dimensión práctica basada en la mejora individual de los problemas cotidianos del aula y en la búsqueda de significados. De acuerdo con esta hipótesis de la complejidad, se han definido siete categorías (tabla 1) que abordan dos ámbitos que pueden interactuar en el CDC: *Aprendizaje escolar* y *Obstáculos en el proceso de E/A*, perteneciendo ambos a las bases del conocimiento profesional del profesor y, en la parte que le corresponde a cada tópico de enseñanza, al conocimiento profesional específico del tópico.

Tabla 1.
Sistema de categorías por ámbitos y dimensiones

Ámbitos	El aprendizaje escolar	Obstáculos en el proceso de enseñanza-aprendizaje
Dimensión Técnica - Categorías	<i>Papel de la memoria como principal garante del aprendizaje</i> (código TMEM) y <i>la asimilación como garante del aprendizaje</i> (código TASI): En el extremo opuesto, cuando los alumnos/as se convierten en sus propios maestros/as, exhiben los atributos autorreguladores que parecen más deseables para ellos: autocontrol, autoevaluación y autoaprendizaje (Hattie, 2009).	<i>Falta de comprensión del alumno</i> (código TINC): Frente a esta idea, hay enfoques consistentes en averiguar cómo se debe actuar para lograr alumnos/as más conscientes de lo que no saben o no comprenden porque, incluso, la construcción de la ignorancia depende del conocimiento del alumnado, la tarea, los criterios de coherencia, interés y las características del contenido (Vaz-Rebello <i>et al.</i> , 2016).
Dimensión Práctica - Categorías	<i>La construcción como garante del aprendizaje significativo</i> (código PSIG): Es imprescindible buscar contextos y hacer las preguntas interesantes para su aprendizaje (Barros, 2016), integrando el contenido y las herramientas de manera significativa, para transformarlas en prácticas científicas auténticas (Prins, Bulte y Pilot, 2016).	<i>Reflexión sobre las dificultades de los alumnos</i> (código PDIF): La reflexión sobre cómo la gente aprende, la comprensión de la pedagogía y la propia habilidad para reflexionar de manera precisa y profunda sobre la enseñanza, tiene efectos importantes en su calidad (Herman, Clough y Olson, 2017).
Dimensión Crítica - Categoría	<i>El aprendizaje como construcción social</i> (código CAPR): La negociación promueve la identidad como aprendices de la ciencia (Kumpulainen y Rajala, 2017), revelándose que las funciones cognitivas funcionan al servicio de las metas vitales implementadas por la maquinaria emocional que es intrínsecamente social (Immordino-Yang, 2016; Immordino-Yang y Gotlieb, 2017).	<i>Indagación colectiva sobre la naturaleza de los obstáculos que están detrás de las dificultades</i> (código COBS): Esta indagación ayuda al profesorado a desarrollar su propia comprensión sobre sus creencias epistemológicas, las metas y los objetivos de la enseñanza y las suposiciones aceptadas sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (Nilsson, 2014).

OBJETIVOS

En este estudio nos centraremos en:

- Analizar el desarrollo profesional de una profesora de ciencias en función de su capacidad de reflexión y de acción, en dos ámbitos de análisis: el aprendizaje escolar y los obstáculos en el proceso de enseñanza-aprendizaje y explorar las relaciones entre los ámbitos de estudio.
- Estudiar los obstáculos que impiden el desarrollo de la profesora.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Contexto de la investigación

El estudio de *caso* objeto de nuestra investigación es una profesora de Biología-Geología (Marina), siendo su formación inicial de licenciada en Geología, con 23 años de experiencia, de los cuales 17 han sido en el mismo centro. Diferenciamos tres fases diferentes:

- Primera fase. Períodos 1.º y 2.º:* desde el curso 2001 al curso 2003, la profesora se integra en un grupo de investigación-acción en un centro de secundaria público en un pueblo de 20.000 habitantes en el suroeste de España. Su contexto social es un área rural con un bajo perfil socioeconómico y un alto desempleo. El contenido didáctico dinamizador acordado es el referido al tópico «Las disoluciones» para alumnado de 14 años (3.º ESO). Uno de los autores fue el facilitador del programa e investigador principal (IP). El programa siguió el modelo de investigación-acción (Vázquez-Bernal, Jiménez-Pérez y Mellado, 2007b) propuesto por Kemmis y McTaggart (2000): *planificación* (preparación de la unidad didáctica y los materiales que usar en el aula en reuniones semanales), *implementación* (aplicación de estos materiales a la docencia), *observación* (participación del profesorado en la dinámica de toma de registros etnográficos y grabación de vídeos) y *reflexión* (crítica en las reuniones sobre la lectura conjunta de los registros de vídeo, diarios del alumnado y profesorado).
- Segunda fase:* desde el curso 2004 al 2006. La profesora ya no forma parte del programa de investigación-acción y el contenido didáctico elegido por la profesora es el tópico «La formación del suelo» (3.º ESO). Marina quería mejorar aspectos de su enseñanza (uso de las tecnologías de la información en clase, motivación del alumno, gestión del aula, evaluación del aprendizaje...), entrando en una dinámica reflexiva y acción similar a la de la fase anterior: *planificación* (preparación de la nueva unidad didáctica y materiales), *implementación* (aplicación de los materiales), *observación* (comentarios facilitador-Marina respecto a los registros etnográfico y grabación de vídeos) y *reflexión* (crítica sobre los registros de vídeo, diarios del alumnado y de Marina). En la interfase 2006-2011, el principal objetivo profesional de Marina es superar su situación administrativa de interinidad, para ello prepara oposiciones de profesora de secundaria en la especialidad Biología-Geología, profundizando en los contenidos disciplinares, didácticos y legislativos que esto conlleva y recibiendo cursos de formación específicos, obteniendo la plaza en 2010.
- Tercera fase:* desde el curso 2011 al 2017 Marina tiene la oportunidad de leer los informes elaborados por los investigadores en las dos primeras fases y escribir sus reflexiones como forma de introspección al enfrentarse a los dilemas experimentados (*member checking*): en primer lugar aquellos que surgen del análisis en los que, no olvidemos, hay una hipótesis de desarrollo con niveles deseables y obstáculos donde la profesora es situada y, en segundo lugar, confrontar ese análisis con su docencia actual. Ese proceso de repitió hasta en seis ocasiones sobre los hallazgos de la investigación: resolución de problemas, ciencia e ideología, evaluación, organización social, secuencia de actividades, formación y aprendizaje (analizado en este trabajo).

El elemento clave de la investigación fue el diario, como forma de exploración interna crítica, comprensión de los resultados, aprendizaje, toma de conciencia de las resistencias y compromiso con la búsqueda de reflexión (Altrichter y Holly, 2005; Nadin y Cassell, 2006). Marina era libre para describir e interpretar la realidad. En la tabla 2 se exponen los instrumentos empleados en la investigación.

Tabla 2.
Síntesis de los instrumentos de recogida de datos, análisis y presentación de datos

		<i>Análisis del CDC</i>	<i>Análisis del CDC & habilidades</i>
Instrumentos para el análisis del estudio de caso	Instrumentos de primer orden (fuentes)	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Diarios (cursos 2001-2002; 2002-2003; 2004-2005; 2005-2006). ✗ Cuestionario sobre sus concepciones iniciales (inicial: curso 2001-2002). ✗ Entrevista semiabierta basada en sus concepciones iniciales (curso 2001-2002). ✗ Narrativa final: curso 2016-2017. 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Registros etnográficos ✗ Extractos de vídeo de las grabaciones de aula
	Instrumentos de segundo orden (análisis)	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Categorías para el análisis (ver tabla 1), que corresponden a los códigos: Códigos técnicos: TMEM, TASI, TINC Códigos prácticos: PSIG, PDIF Códigos críticos: CAPR, COBS 	

El proceso global fue sometido a una rigurosa triangulación de la información entre las diferentes fuentes de información con la propia Marina y los autores (figura 2). Así, Marina tuvo acceso a toda la información, así como a los resultados de las fases 1 y 2. El cuestionario inicial se basaba en una escala tipo Likert con una escala de 1 (desacuerdo), 2 (acuerdo parcial), 3 (acuerdo). Un extracto se observa en la figura 2.

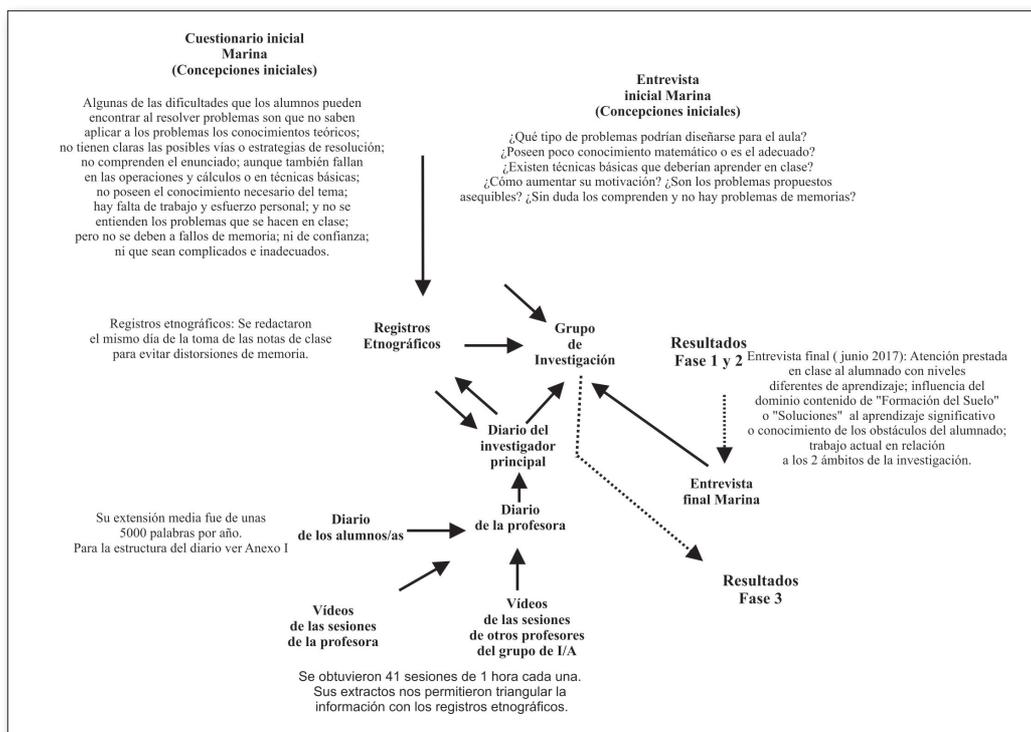


Fig. 2. Fuentes de información y triangulación de la investigación.

Uno de los elementos importantes que reflejó en los diarios fue leer las opiniones de tres alumnos/ as que seleccionó en cada curso, quienes, crítica y respetuosamente, describían sus clases, actuando como amplificadores y filtros de su práctica en el aula. El alumnado fue seleccionado por la profesora atendiendo, fundamentalmente, a criterios del nivel de competencia desarrollados en el curso; así, uno de ellos, poseía un perfil muy alto, otro intermedio y el tercero presentaba problemas de aprendizaje, aunque no de interés (véase anexo I). El alumnado fue aleccionado sobre la naturaleza de su trabajo y el modo en que debía redactar los diarios (tabla 3: Extractos de los diarios del alumnado para la sesión plasmada en el RET17 2001-2002).

Tabla 3.
Extractos de los diarios del alumnado

<p>Hoy día 11 hemos dado en el laboratorio la clase como todos los jueves. Hemos entrado, hemos dejado nuestras cosas y nos hemos sentado dispuestos a empezar la clase.</p> <p>La profesora dijo que sacáramos los ejercicios que mandó el día anterior para poder corregirlos. Preguntó quién los quería hacer y solo contestó un alumno, el ejercicio iba de la solubilidad de los gases que a cuanto más temperatura menos solubilidad había.</p> <p>Luego el siguiente ejercicio lo corrigió la profesora en la pizarra y luego nos dio unas hojas con 11 ejercicios para hacerlos mientras acababa la clase y traerlos el próximo día hechos, estuvimos haciéndolos hasta que tocó el timbre y salimos de clase (Gracia - Competencia alta).</p>	<p>Hoy día 11 de abril cuando entramos en clase nos sentamos y estuvimos corrigiendo los ejercicios que mandó el día anterior un alumno corrigió uno y la profesora corrigió el otro y a la vez explicando.</p> <p>Luego la profesora dio un folio con ejercicios para empezar en clase y acabarlos en casa para el próximo día, los ejercicios trataban de todo lo que hemos visto en el tema este para repasarlo antes de hacer todo esto estuvimos poniendo fecha para un examen y después repartió los ejercicios para repasar.</p> <p>Con esto acaba el día de hoy porque sonó el timbre y empezamos a salir del aula y bajo mi punto de vista no ha habido ninguna duda (Auxi - Competencia media).</p>	<p>Como ayer nos mandó la profesora unos ejercicios, hoy los hemos corregido y después M.^a Carmen nos ha dado una hoja con 11 ejercicios para repasar la teoría y para saber hacer los problemas.</p> <p>El examen del tema es el jueves que viene (J. Antonio - Competencia baja).</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

A continuación, incluimos una síntesis del proceso de desarrollo profesional de Marina a lo largo de las diferentes fases y los objetivos en cada fase (figura 3).

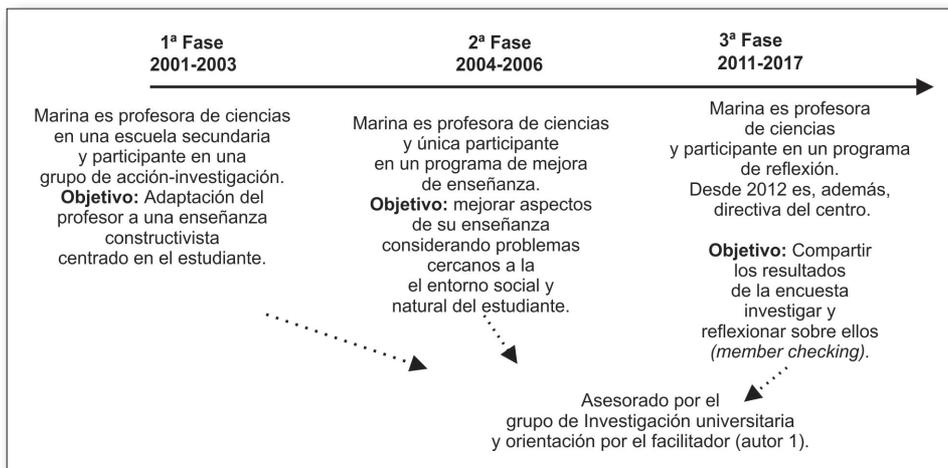


Fig. 3. Síntesis de la relación fases, desarrollo profesional y objetivos.

Las unidades de información se extrajeron de los diarios de Marina, en consonancia con el anterior sistema de categorías y códigos, utilizándose el programa de AQUAD (Huber y Gürtler, 2013); este programa permite un acercamiento sistemático a las unidades de información. Las entrevistas y los cuestionarios no fueron sometidos a este proceso porque proporcionaron información altamente específica que podría ser codificada por consenso directamente por los investigadores. Esta diferencia en el proceso de extracción/análisis de las unidades de información se puede ver en la diferencia entre los resultados de las fases 1-2 (elevado número de unidades de información que interpretar), por un lado, y la fase 3 por otro (pocas unidades, pero muy explícitas).

RESULTADOS

1.º) Análisis de la reflexión (capturando el CDC personal)

Para el análisis de la reflexión, procederemos con tres formas diferentes de análisis: *a)* una aproximación cuantitativa, *b)* una descripción de contenido cualitativa y *c)* una aproximación heurística con el análisis de vinculaciones, el cual consiste en la recuperación de estructuras redundantes de reflexión como acercamiento heurístico que facilita el descubrimiento de asociaciones entre categorías predefinidas.

a) Análisis de frecuencias: Los resultados se muestran en la tabla 4, con el número de reflexiones codificadas de cada categoría para los tres periodos considerados entre paréntesis: los dos años escolares separados de la fase 1 del estudio y el periodo de dos años de la fase 2. En relación con este último periodo, dada la proximidad de las fechas, decidimos agrupar la fase 2, final del curso 2004/2005 hasta inicio del curso 2005/2006, que fueron los plazos acordados con Marina para implementar las nuevas unidades didácticas. En la última columna de la tabla indicamos su desarrollo en términos de la hipótesis de la complejidad.

Tabla 4.
Frecuencia de códigos por dimensión en los intervalos temporales para la reflexión

Ámbitos	Intervalo temporal	Dimensión técnica	Dimensión práctica	Dimensión crítica	Complejidad
<i>El aprendizaje escolar</i>	1.ª fase - 1.º periodo (2001/2002)	TMEM (15), TASI (0) 100 %	PSIG (0) 0 %	CAPR (0) 0 %	Dimensión técnica
	1.ª fase - 2.º periodo (2002/2003)	TMEM (4), TASI (10) 100 %	PSIG (0) 0 %	CAPR (0) 0 %	Dimensión técnica
	2.ª fase (2004/2006)	TMEM (8), TASI (9) 85 %	PSIG (3) 15 %	CAPR (0) 0 %	Comienza el tránsito hacia la dimensión práctica
<i>Obstáculos en el proceso de enseñanza-aprendizaje</i>	1.ª fase - 1.º periodo (2001/2002)	TINC (23) 72 %	PDIF (9) 28 %	COBS (0) 0 %	Dimensión técnica
	1.ª fase - 2.º periodo (2002/2003)	TINC (18) 58 %	PDIF (13) 42 %	COBS (0) 0 %	Tránsito hacia la dimensión práctica
	2.ª fase (2004/2006)	TINC (8) 33 %	PDIF (16) 67 %	COBS (0) 0 %	Dimensión práctica

De forma global, se observa un desarrollo hacia la dimensión práctica en la reflexión desde la dimensión técnica. Así, en el ámbito del aprendizaje escolar, el predominio del papel de la memoria (TMEM) y la asimilación (TASI) son aplastantes en la primera fase; en cambio, en la segunda fase, con el cambio de tópico, empezamos a encontrar reflexiones que apuntan hacia el constructivismo como base del aprendizaje, aunque rivalizando con aquellas relativas a la memoria y a la asimilación. Por su parte, en el ámbito de los obstáculos del proceso de enseñanza-aprendizaje, el ritmo de cambio es más perceptible, pasando de aludir de forma mayoritaria a la falta de comprensión (TINC) a reflexionar sobre los posibles obstáculos que encuentra el alumnado (PDIF). Reseñamos la falta de reflexiones críticas en ambos ámbitos.

Estos hallazgos nos permiten expresar que el cambio de tópico parece influir de forma positiva en el desarrollo de Marina, a pesar de no existir el grupo original de investigación-acción, al menos respecto al ámbito de los obstáculos que encuentra el alumnado. Es un aspecto interesante y sutil en la influencia de su CDC.

Es oportuno destacar que los diarios del alumnado jugaron el mismo papel en las dos primeras fases y, por ello, su impacto debió ser el mismo en ambas fases, pues se mantuvo la misma dinámica con ellos/as. Su objetivo principal era estimular la reflexión de los docentes desde la visión del alumnado, por lo que es plausible que fuese en el ámbito de los obstáculos donde tuviese más impacto en Marina al poner «voz» al alumnado.

b) *Análisis de contenido*: Se usa una aproximación discursiva al contenido de las reflexiones codificadas como forma complementaria de capturar aspectos de su CDC, intentando situar a la profesora en una dimensión y observar su posible desarrollo para los dos ámbitos en cada fase, aportando ejemplificaciones claves. En la tabla 5 se puede observar, respecto al aprendizaje escolar, reflexiones sobre actividades de repaso tan recurrentes en Marina o la idea de que explicando despacio ayudará al alumnado a asimilar mejor, o incluso la alusión a la importancia de la memoria (dimensión técnica); por el contrario, son breves las referencias al aprendizaje significativo (dimensión práctica) y nulas respecto a la dimensión crítica. Por la parte que corresponde a los obstáculos, en la misma tabla 5, hay amplias referencias a la incompreensión del alumnado, a su incapacidad de asimilar, en contraste con las pocas reflexiones donde indaga el porqué y qué hay detrás de esas dificultades del alumnado. Entre paréntesis y cursiva se indica la línea de texto que proporciona AQUAD.

Tabla 5.
Ejemplificaciones del análisis de contenido en los ámbitos de estudio a lo largo del tiempo

El aprendizaje escolar	1. ^a fase - 1. ^{er} periodo (2001/2002)	Muchas de las actividades que se proponen en el aula consisten en repaso y recordatorios: (150-155) - TMEM: «... y hemos empezado la pregunta de Disoluciones repasando su definición; ninguno se acordaba de ella y han tenido que volver a leer lo que se dijo al principio del tema, esto es debido a que ninguno se suele mirar en casa lo que se da en clase». Diario 2001-2002.	(-)		
	1. ^a fase - 2. ^o periodo (2002/2003)	El sentido del aprendizaje por asimilación lleva a considerar que, «explicando despacio» conceptos difíciles, los alumnos los asimilarán bien: (220-224) - TASI: «... Luego el resto de la hora lo he dedicado a explicar el concepto de Concentración, he ido despacio porque creo que es una idea difícil y muchos de ellos no lo entienden desde el principio». Diario 2002-2003.	(-)		
	2. ^a fase (2004/2006)	Esta incapacidad del alumnado para recordar no le deja indiferente, mostrando sorpresa al respecto: (88-92) - TMEM: «... Han sido capaces de sacar conceptos, de recordar la teoría del tema anterior, de seguir la clase. Sorprendente». Diario 2004-2006.	Solo una reflexión breve a la capacidad de deducción y emitir conclusiones como muestra de aprendizaje significativo: (557-561) - PSIG: «... En esta clase he observado una muy buena participación de los alumnos, son capaces de deducir y sacar conclusiones». Diario 2004-2006.	(-)	
Obstáculos en el proceso de enseñanza-aprendizaje	1. ^a fase - 1. ^{er} periodo (2001/2002)	Atribuye a la complejidad del contenido el origen de estas dificultades: (19-27) - TINC: «... La explicación de estos conceptos me ha resultado fácil, la comprensión por parte de los alumnos parece que no ha planteado ninguna dificultad, salvo para ciertos alumnos, que al hacer el apartado b del ejemplo A1 han puesto de manifiesto cómo no comprendieron el concepto que de las propiedades de las sustancias son características de ellas, me pareció que esto le ocurría a casi la mitad de los alumnos». Diario 2001-2003.	(-)		
	1. ^a fase - 2. ^o periodo (2002/2003)	Expresa que es la complejidad del contenido el origen de estas dificultades: (143-149) - TINC: «... parece que la mayoría se ha enterado de la T.C.M. Luego otra ha hecho el A.5, el apartado a) lo hizo bien, el b) en cambio no, ni los demás tampoco, creo que no acaban de entender la idea de que “las propiedades son sólo de las sustancias”, lo he vuelto a repetir e insistir que estudien la teoría». Diario 2002-2003.	Indaga de forma sistemática en los problemas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, si bien lo achaca a la falta de comprensión de los alumnos: (181-187) - PDIF: «... Los problemas que han surgido han sido: El apartado a) del ejercicio 7: No lo sabían, no entendían cómo utilizar la T.C.M. para explicaciones y dar pistas, la sacaron, no sé si todos ellos lo entendieron». Diario 2002-2003.	(-)	
	2. ^a fase (2004/2006)	Reflexiona sobre la incapacidad de entender de algunos de sus alumnos, pero de forma acrítica, como mostramos en el siguiente extracto: (4-13) - TINC: «Hoy les he mandado a los alumnos la prueba inicial del tema, aparentemente no se ha planteado ninguna dificultad por parte de los alumnos, salvo que algunos de ellos no comprendían el significado de algunos términos utilizados, siempre han preguntado lo mismo». Diario 2004-2006.	Se observa el interés de la profesora y su énfasis en las dificultades de comprensión de su alumnado: (439-445) - PDIF: «He pedido alumnos voluntarios para hacerlo y el que más problema ha presentado ha sido el A.6, donde ha costado que ellos entiendan por qué en una zona llana el suelo se forma mejor que en zonas de pendiente». Diario 2004-2006.	(-)	

c) *Análisis de vínculos*: El análisis de vinculaciones como forma de atrapar aspectos de su CDC evidencia el desarrollo de las asociaciones entre las categorías objeto de estudio y otras categorías no incluidas en este estudio, que pasaremos a describir por fases:

- *1.ª fase - 1.º periodo*: En lo que al tópico de enseñanza se refiere (disoluciones), la categoría TINC se asocia a un conjunto de categorías técnicas (obstáculos) no expuestas en este trabajo, pero que resulta interesante resaltar. Se obtiene un conjunto de obstáculos que constituye el núcleo duro de Marina, es decir, obstáculos que representan categorías que emergen de forma persistente en las reflexiones de Marina. Lo que es destacable es el papel de la alusión a la incomprensión del alumnado (TINC) como vertebrador de este núcleo (figura 4). Destacamos la asociación del vínculo reflexionar sobre las dificultades del alumnado (PDIF) con la disciplina y control de la clase (TINC); es decir, en cierta forma este aspecto positivo de sus reflexiones está contaminado por esos prejuicios sobre la pérdida de control del aula.

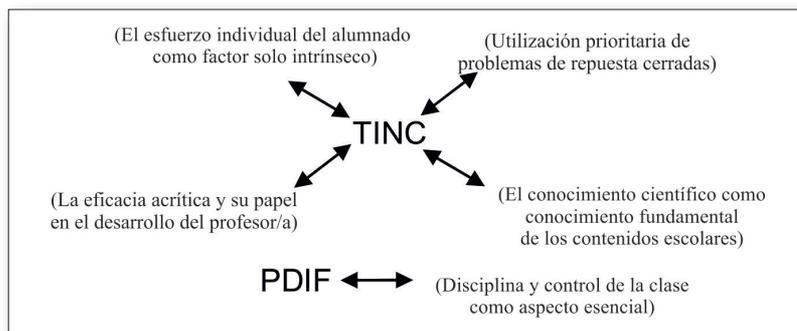


Fig. 4. Vinculaciones de categorías en la reflexión para la 1.ª fase - 1.º periodo.

- *1.ª fase - 2.º periodo*: Algunos aspectos han variado de forma sustancial en este periodo, así, la posición central que antes ocupaba TINC es relevada por PDIF, que se asocia a una nueva categoría (figura 5), esto es, el refuerzo de las ideas del profesor/a, aspecto este último interesante en cuanto condiciona la dificultad a la figura del profesor/a como «poseedor de la verdad» y sería digno de profundizar. Observamos, con estos resultados, un desarrollo positivo de Marina, con un interés por las verdaderas dificultades de su alumno como eje central de su CDC.

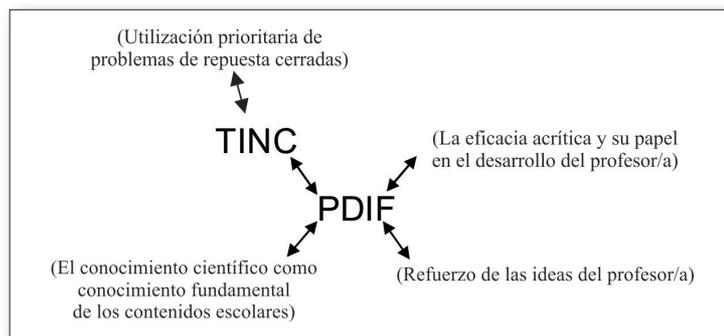


Fig. 5. Vinculaciones de categorías en la reflexión para la 1.ª fase - 2.º periodo.

- *2.ª fase*: Con un contenido/tópico distinto (formación del suelo), PDIF se asocia a nuevas categorías de naturaleza práctica (véase figura 6). Es decir, el CDC de la profesora muestra la preocupación inequívoca que concede a las dificultades del alumnado en el proceso de aprendizaje, es decir, se vincula a estrategias didácticas que implementa en el aula, a nuestro juicio, asociado a un CDC más desarrollado, específico del tópico y que es posible gracias a un mayor conocimiento profesional en estos términos (tanto por su formación inicial como por adquisición práctica).

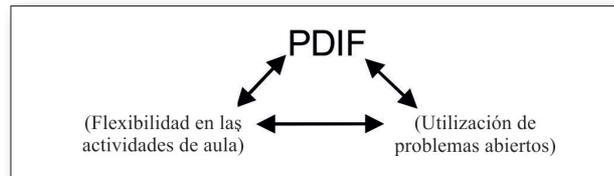


Fig. 6. Vinculaciones de categorías en la reflexión para la 2.ª fase.

En resumen, se observa una evolución positiva en el núcleo duro del CDC personal de Marina continuo y sostenido, fruto, en primer lugar, de su paso por el I/A y, en segundo lugar, de unas bases relativas al conocimiento específico del tópico más consistentes.

2.º) Análisis de la acción (capturando el CDC-H)

Para el análisis de las acciones de Marina, se investigaron los registros etnográficos (RET) correspondientes a los tres periodos del estudio, como se observa a continuación para cada ámbito de estudio.

El aprendizaje escolar

Para el análisis de la reflexión se ha utilizado el modelo de Zabala (1995), como destacamos en la metodología, tomando como referente las secuencias de actividades centradas en los contenidos conceptuales y procedimentales. En lo referente a los contenidos actitudinales, estudiaremos su presencia en función de si promueven actitudes positivas y reflexivas hacia el entorno natural, sin usar el modelo de Zabala. Además, la posibilidad de aplicar el modelo durante varios años puede aumentar el grado de validez interna necesario, en cuanto nos posibilita emitir conclusiones sobre el desarrollo de la profesora.

1.ª fase – 1.º periodo: Debido a razones de extensión, solo mostraremos parte del examen de los contenidos en este periodo. El contenido analizado en la primera fase es el de concentración de una disolución, uno de los conceptos fundamentales de la unidad (tabla 6). En los términos que se ha desarrollado el análisis de las secuencias, respecto a la primera categoría (la memoria como garante principal del aprendizaje: TMEM), pensamos que no hay evidencias de esta categoría en el desarrollo de la práctica docente, ya que, aunque se da importancia a la memoria, como muestran las actividades de repaso, retención y memorización utilizadas en el estudio de la concentración, no es el motor principal del aprendizaje para Marina.

El procedimiento elegido de análisis de contenido es de interpretación de gráficas. Aunque no es exclusivo de la ciencia escolar, sí posee muchos de los valores que caracterizan al trabajo científico en el aula, tanto por sus matices analíticos como de síntesis de la información obtenida (anexo II). Nos reiteramos en lo expresado con el análisis de la concentración, debido a las pautas que emplea Marina: presentación del modelo, verbalización del procedimiento, ejercitación, práctica guiada, recapitulación y resumen de ideas. Es decir, el papel fundamental de la memoria no es lo relevante, aunque sí la ejercitación en la interpretación de gráficas. Por su parte, no existen actividades de naturaleza actitudinal crítica-reflexiva de interacción con el entorno natural.

Deducimos que la profesora se encuentra en la dimensión técnica, debido al papel que concede a la asimilación en el aprendizaje (código TASI), como se muestra en el patrón fundamental en las secuencias de actividades que emplea: exposición, ejercitación y repaso, básicamente.

Tabla 6.
Análisis de las secuencias de contenido conceptual (concentración)

<i>RET 8,9 - Curso 2001-2002</i>	<i>Análisis de las secuencias de contenido conceptual</i>
Comienza el apartado 3.3 de la unidad: Concentración de una disolución. La profesora introduce el concepto de concentración y explica cómo se procede a su cálculo y expresión (12,46 h).	Exposición del concepto de concentración. Definición. Zona de desarrollo próximo.
La profesora manda ejercicios para el próximo día: gráficas y cálculo de concentraciones...	Realización de problemas cerrados relativos a cálculo de concentraciones.
<p>Repasa los contenidos trabajados ayer. Pide que la gráfica se debiera haber hecho ayer y que se atienda ahora. Reclama con energía la atención (9,18 h).</p> <p>Escribe en la pizarra:</p> $c = \frac{\text{soluto}}{\text{gros disolución}} \cdot 100 = \%$ $c = \frac{\text{soluto}}{\text{litros disolución}} = \text{g/l}$	Repaso del concepto de concentración. Resumen de ideas.
<p>Retoma un problema del día anterior y escribe en la pizarra:</p> <p>1.ª) 50 g de sal en 550 g de agua.</p> <p>Pregunta qué fórmula hay que utilizar, los alumnos dicen que la segunda (se refiere a %). Explica que en función de los datos hay que elegir una fórmula u otra y escribe:</p> $c = \frac{50 \text{ g}}{600 \text{ g}} \cdot 100\% = 8,3\%; \quad c = 8,3\%$	Aplicación del concepto a un problema concreto por parte de la profesora. Ejercitación y práctica guiada.
<p>Pregunta qué significa ese valor. Un alumno responde «por cada 100 gramos de disolución tenemos 8,3 gramos de sal». Para el problema de la 2.ª experiencia la profesora escribe:</p> $c = \frac{100 \text{ g}}{600 \text{ g}} \cdot 100\% = 16,6\%; \quad c = 16,6\%$ <p>Repite el esquema anterior (9,23 h).</p>	Estrategia de codificación y retención.
La profesora resume el concepto de concentración y su expresión.	Estrategia de memorización y retención.
Gracia se dispone a hacer la actividad A12, pero, antes, la profesora le insiste que primero hay «que poner los datos» (12,25 h).	Aplicación del concepto a un problema concreto por parte de la profesora. Ejercitación y práctica guiada.
<p>La profesora pone las fórmulas en la pizarra y la alumna escribe:</p> <p>16 gramos de soluto</p> $c = \frac{\text{g soluto}}{\text{l disolución}} = \text{g/l}$ $c = \frac{\text{g soluto}}{\text{g disolución}} \cdot 100 = \%$ <p>2 litros de disolución</p> $c = \frac{16}{2} = 8 \text{ gr/l}$	Aplicación del concepto a un problema concreto por parte de la profesora. Ejercitación y práctica guiada.
<p>La profesora explica el significado de 8 gr/l, «si juntamos cucharita a cucharita, hasta un litro, tendríamos 8 gramos de sal». Escribe la alumna en la pizarra corregida por la alumna:</p> $8 = \frac{x}{0,015}$ $8 \cdot 0,015 = x$ $x = 0,12 \text{ g/mos de sal}$	Estrategia de codificación y retención.

1.ª fase - 2.º periodo: Con un esquema similar al curso pasado, Marina incluye actividades más elaboradas en relación con el concepto (funcionalidad y descontextualización) y actividades motivadoras en los contenidos. Respecto a las actitudes, la profesora trata con el alumnado el caso del «hundimiento del Prestige» durante dos semanas, con la intención de realizar un mural, si bien se hace en horario de recreo para no interferir con las clases presenciales.

Estimamos que la profesora se encuentra, todavía, en la dimensión técnica en su acción en el aula, debido al papel que concede a la asimilación en el aprendizaje (código TASI); ahora bien, pensamos que, de alguna forma, la profesora va introduciendo determinadas actividades, como son la funcionalidad y descontextualización de los conceptos, así como actividades motivadoras, que pueden ofrecer un lugar para ahondar en la complejidad de su práctica.

2.ª fase: En esta fase el contenido conceptual elegido para su análisis es la formación del suelo y como procedimental, la simulación de la edafogénesis. Se vuelve a constatar que, en esta fase, la memoria no conforma el motor principal del aprendizaje para la profesora (código TMEM), igual que en la fase precedente. Respecto al contenido conceptual (formación del suelo), hay nuevos tipos de actividades que no aparecían en la primera fase: conocimientos previos con nivel de abstracción e información adecuada y síntesis que integre la nueva información con los conocimientos anteriores (anexo III). Sin embargo, está ausente la creación de un conflicto cognitivo en el alumnado.

Por su parte, la simulación de la edafogénesis también aporta nuevas actividades en el proceso E/A (tabla 7): competencia procedimental previa, significatividad y funcionalidad, representación global del proceso, regulación del proceso de aprendizaje y evaluación formativa.

Respecto a las actitudes, la profesora realiza una actividad polémica en el aula y muy ligada al entorno, la quema de restos de cosechas para preparar el terreno y acabar con los «rastros». Se diseña una actividad tipo Web-Quest titulada «¿Quemar para fertilizar o evitar esta práctica?». Se realiza durante las sesiones de clase directa con el alumnado.

Tabla 7.
Análisis de las secuencias de contenido procedimental (edafogénesis)

<i>RET 3 - Curso 2005-2006</i>	<i>Análisis de la secuencia de contenido procedimental</i>
9:25 h. La profesora pasa lista y llama la atención a los alumnos para que se preparen para dar la clase. Pide que se sigan los apuntes. Repasan los conceptos de suelo. Un alumno contesta y la profesora completa la definición. A continuación, repasa el proceso de la edafogénesis porque explica que van a realizar una experiencia donde van a simular la estructura del suelo. Ayudada por los alumnos repasa esta estructura.	Presentación. Motivación. Actitud favorable. Competencia procedimental previa. Presentación de modelos.
9:27 h. A medida que se va desarrollando el repaso del proceso, la profesora va corrigiendo aquellas contribuciones de los alumnos que le parecen erróneas. 9:28 h. Prosigue el ritmo de la clase según el esquema descrito: los alumnos contestan las preguntas y la profesora corrige los aspectos que no cree correctos. 9:30 h. Ella expresa que van a simular la estructura del suelo. Pide cuidado con el material y añade «pues es muy frágil». Pide una persona voluntaria de cada grupo y les va entregando el material que ella prepara. Reparte una probeta con agua a cada grupo con aproximadamente ½ litro de esta. Indica que van a simular los horizontes del suelo y sus capas...	Compresión. Significatividad y funcionalidad. Representación global del proceso. Verbalización.

<i>RET 3 - Curso 2005-2006</i>	<i>Análisis de la secuencia de contenido procedimental</i>
<p>9:40 h. Pregunta cuántos horizontes se pueden distinguir. Algunos dicen que 3 o 4 capas. Va preguntando a cada grupo por lo que ven. Alguno añade «tierra, agua y raicillas por arriba». Pregunta a todos los alumnos.</p> <p>9:42 h. El último grupo dice que tiene 4 capas... Llega a la conclusión de que hay tres capas: la de abajo con trozos de piedras, tierra, otra de agua y una de hojas y raíces o seres vivos. Comienza a comparar el esquema de los horizontes. Primero empieza por el horizonte A, luego se pasan a la capa de más abajo, ella expresa que simula el horizonte B. Añade que la capa intermedia sería el horizonte C. Una alumna comenta que contiene sales minerales. La profesora pregunta por el horizonte D y cuál sería en la simulación. Los conduce a la respuesta correcta, «la base de la probeta es el horizonte D», dicen algunos de los alumnos. Repasan la estructura de los horizontes que han hallado en la simulación.</p> <p>9:47 h. Vuelve a repasar los conceptos de la edafogénesis, pero utilizando la simulación de la probeta. Pregunta por el tipo de suelo. El primer grupo responde que un suelo maduro porque tiene mucho horizonte B, el último grupo dice que joven, porque el horizonte B es más corto que los demás. La profesora dice que ha sido casualidad.</p>	<p>Proceso de aplicación y ejercitación. Regulación del proceso de aprendizaje.</p>
<p>9:48 h. Ella vuelve a insistir en si se entiende. Indica que ha hecho una experiencia donde se han simulado los horizontes del suelo. Vuelve a repasar los resultados obtenidos en forma de conclusiones. Dice que para mañana van a traer una memoria (en papel aparte para recoger) con el diseño de la experiencia. Añade que van a aprender a redactar experiencias. Escribe en la pizarra:</p> <p>Experiencia 1:</p> <p>1. Material. Repasa los materiales empleados. Sigue escribiendo:</p> <p>2. Diseño de la experiencia: Expresa que aparte de un dibujo hay que redactar la experiencia, pero sin personalizar. Añade que en un futuro alguien puede leerla y querer repetir la experiencia. Una alumna añade «como una receta», «exactamente», dice la profesora. Vuelve a repetir el proceso de redacción «de forma impersonal». Vuelve a escribir:</p> <p>3. Conclusión.</p> <p>9:54 h. Para finalizar este apartado, la profesora añade que en la conclusión hay que poner por qué se hace. Dice que para mañana hay que entregarlo en un folio aparte.</p>	<p>Proceso de aplicación y ejercitación. Regulación del proceso de aprendizaje. Evaluación formativa.</p>

Estimamos que la profesora ha iniciado un tránsito hacia la dimensión práctica (asociada al código PSIG), lo que significa que ha existido un verdadero conflicto cognitivo en la profesora entre la ideas asimilativas y constructivistas del aprendizaje. Nos parece plausible que una parte no desdeñable de este proceso de cambio, mejora y motivación en Marina es achacable a su conocimiento del contenido debido a su formación inicial y experiencia, aun así, el cambio no ha hecho sino comenzar, según nuestro juicio.

Obstáculos en el proceso de enseñanza-aprendizaje

1.ª fase - 1.º periodo

Dimensión técnica: En muchas de sus intervenciones, la profesora pregunta al conjunto de alumnos «si se entiende o tienen dudas», siendo una estrategia muy empleada. Pensamos que esta forma de indagación sobre las dificultades es muy superficial si no existe una verdadera reflexión con

el alumnado sobre el contenido y las dificultades que ofrece (código TINC). Destacamos el siguiente extracto:

José D. hace el apartado c, que se refiere a la disminución del oxígeno en un río con agua más caliente de lo normal. José D. da la respuesta correcta. La profesora dice «muy bien». Pregunta si se ha entendido. Como nadie contesta, no existen dudas (RET17-2001-2002).

Dimensión práctica: En ocasiones, indaga en las dificultades que se le presentan a los alumnos, animándolos a que expresen sus dudas, como se ve en los extractos siguientes:

Se pasa a repasar las dudas. La profesora recomienda a sus alumnos que miren los apuntes y planteen dudas para poderlas resolver.

(13,05 h). No surgen más dudas, por lo que la profesora cuestiona que, si no salen los ejercicios, cómo es que no hay dudas (RET19-2001-2002).

Dimensión crítica: no existen intervenciones relativas al código COBS.

Estimamos que la profesora se encuentra en tránsito desde la dimensión técnica, de la que existen múltiples referencias en sus intervenciones (indagación superficial en las dificultades, asociar incomprensión con falta de estudio...), hacia la dimensión práctica, de la que también existen algunas otras intervenciones: dar tiempo al alumnado para resolver cuestiones, proveer soluciones cuando se necesitan y dar oportunidades, esporádicamente, para que se indague colectivamente en sus dificultades.

1.^a fase - 2.^o periodo

Dimensión técnica: Vuelve a repetirse la estrategia de preguntar superficialmente sobre las dudas.

14:22 h. Prepara con los alumnos la TCM. Algunos están algo perdidos, no molestan, pero no participan (RET4-2002-2003).

Dimensión práctica: En coexistencia con la categoría precedente, da oportunidades al alumnado para que realicen en grupos sus trabajos y trata de resolver dudas de forma individual o grupal, sobre cuestiones concretas (PDIF):

14:38 h. La profesora está con otro alumno explicándole el procedimiento de usar una balanza. Da indicaciones a los dos alumnos de cómo pesar bien y seca la balanza.

14:39 h. La mayoría ha terminado esta parte. Ella pregunta «sí o no, ¿alguna duda?». La profesora se acerca a otro grupo a ayudarlo en su trabajo.

14:44 h. Ha ido explicando todo el proceso centrándose en el alumno que parecía no entender. «Ah», dice el alumno (RET8-2002-2003).

Dimensión crítica: no existen intervenciones circunscritas a esta dimensión (código COBS).

Deducimos que la profesora se encuentra en tránsito desde la dimensión técnica hacia la dimensión práctica: profundizar de forma consciente en el hecho de dar tiempo al alumnado para resolver cuestiones proveyendo soluciones a estos cuando las necesitan. Algunas intervenciones han dejado de realizarse en este curso o volver a repetir un contenido con esta misma intención, incluso evitar un contenido que se ha considerado de elevada dificultad para ellos.

2.^a fase

Dimensión técnica: Se han hallado cuatro intervenciones en esta dimensión (código TINC), en concreto, una donde trata de minimizar las dificultades de aprendizaje:

12:20 h. Pregunta que cómo influye la pendiente. Los alumnos dicen diversas contestaciones y ella trata de llevarlos al concepto adecuado. Va construyendo la respuesta que ella considera correcta. Escribe en la pizarra:

$$2) \text{ El relieve} \Rightarrow \begin{cases} - \text{ Si no hay pendiente no hay suelo} \\ - \text{ Si no hay pendiente, suelo maduro} \end{cases}$$

Trata de terminar la respuesta con la ayuda de los alumnos. Llega a la respuesta adecuada. Se enfada algo y añade «que es simple» (RET8-2005-2006).

Dimensión práctica: En esta fase, el número de intervenciones asociadas a la preocupación por las dificultades que se le presentan al alumnado (PDIF) y a su forma de solucionarlo supera a las técnicas (diez en concreto). En el siguiente extracto, consciente de la dificultad, inicia un proceso de discusión con ellos para establecer un concepto a través del diálogo:

12:38 h. Ahora pregunta sobre el tipo de color. Los alumnos responden que está formado por restos de seres vivos. La profesora sigue preguntado y entablando discusiones con los alumnos. Llegan al concepto de humus de nuevo.

12:39 h. La profesora insiste en interactuar con el alumnado y pregunta en qué tipo de zonas habrá más horizontes. Los alumnos responden que en zonas de mucha vegetación. La profesora insiste en el concepto de formación del suelo.

12:40 h. Una alumna responde que en la selva hay poca roca madre. La profesora la corrige.

12:41 h. La profesora entabla una discusión con ellos. Y aprovecha para completar el concepto de formación del suelo (RET1-2004-2005).

Dimensión crítica: En esta fase, sí existen intervenciones sobre una indagación colectiva con su alumnado (código COBS), exactamente seis. En el extracto, la profesora construye la solución a un problema previo planteado a través de un diálogo socrático:

8:26 h. Pregunta por los factores que influyen en la formación del suelo, además de la roca madre: Jesús responde «el relieve o pendiente». La profesora pregunta sobre ello y responde Jesús. Se establece un diálogo socrático con Jesús, que con la ayuda de la profesora se explica con esfuerzo. Otros alumnos aportan sus ideas. La profesora resume de nuevo el concepto. Dicta lo siguiente: «influye en la pendiente del terreno, si está pronunciado y no hay vegetación» (RET4-2004-2005).

En esta fase de la investigación, la profesora, a nuestro juicio, se encuentra en la dimensión práctica, en tránsito hacia la dimensión crítica. Es decir, su CDC-H indica que existen intervenciones en las que todavía asocia incomprensión con falta de estudio, pero hay más que revelan profundización en la comprensión de las dificultades, por ejemplo, dar forma consciente tiempo para resolver cuestiones, atención más personalizada a esas dificultades; además, si a ello unimos su interés por una participación activa de su alumnado en la construcción del conocimiento, nos indican un desarrollo no desestimable.

DISCUSIÓN

En términos de evolución temporal y de complejidad, el análisis de la reflexión y la acción de Marina se sintetiza en la tabla 8:

Tabla 8.
Síntesis de la evolución de la complejidad en la reflexión y acción de Marina

<i>Ámbitos</i>	<i>Intervalo temporal</i>	<i>Complejidad reflexión</i>	<i>Complejidad acción</i>
<i>El aprendizaje escolar</i>	1.ª fase - 1.º periodo	Dimensión técnica	Dimensión técnica
	1.ª fase - 2.º periodo	Dimensión técnica	Comienza el tránsito hacia la dimensión práctica
	2.ª fase	Comienza el tránsito hacia la dimensión práctica	Se fortalece el tránsito hacia la dimensión práctica
<i>Obstáculos en el proceso de enseñanza-aprendizaje</i>	1.ª fase - 1.º periodo	Dimensión técnica	Tránsito hacia la dimensión práctica
	1.ª fase - 2.º periodo	Tránsito hacia la dimensión práctica	Tránsito hacia la dimensión práctica
	2.ª fase	Dimensión práctica	Dimensión práctica en tránsito hacia la crítica

Respecto al CDC de Marina, los resultados evidencian un desarrollo de la profesora en los dos ámbitos de investigación. Una vez situada dentro de la dimensión práctica o no existe desarrollo o está en inicio. Esta apreciación nos puede hacer pensar que estas creencias son muy estables, como algunas investigaciones han establecido (Datnow y Hubbard, 2016). Este CDC formado después de años de profesión seguía todavía alejado de posturas críticas, es un aspecto que ni la pertenencia al grupo de investigación-acción ni el CDC asociado al contenido/tópico han podido cambiar, lo cual nos lleva a pensar que se trata de un proceso lento y gradual, como otros trabajos han destacado (Mellado, 2003). Esta falta de desarrollo puede ser contrastada con la siguiente reflexión:

Una buena reflexión que ayude a mejorar la práctica docente no tiene sentido si no se lleva al aula. Y una vez puesta en práctica sabremos si hemos conseguido el cambio deseado viendo la evolución del alumnado en el proceso enseñanza-aprendizaje. Todos los profesionales de la enseñanza lo hacemos continuamente, por ejemplo, reflexionado sobre la metodología que utilizar en una determina unidad y que ayude a mejorar los resultados (Marina: junio 2017 – 3.ª fase).

Es decir, Marina es consciente de la interacción reflexión-práctica, por tanto, qué le impide enriquecer su CDC. ¿Estamos sobrestimando la capacidad y poder del profesor para producir cambios sin tener en cuenta otras fuerzas? (Kennedy, 2010). Es una cuestión que debe ser más estudiada.

Por su parte es interesante observar que, durante la primera fase, la dimensión técnica es estable y no es hasta el cambio de tópico y finalización del grupo de investigación-acción cuando algo comienza a cambiar. Esto nos lleva a otra pregunta, ¿es producto del cambio de tópico o una reflexión sobre la importancia que el grupo de investigación-acción tuvo en su desarrollo profesional? La siguiente reflexión puede arrojar luz sobre esta cuestión:

Respecto a la investigación-acción, por supuesto, es muy necesaria. Todo desarrollo profesional *necesita una formación continua* y, en el caso de las ciencias, tener actitud de investigar y descubrir, es decir, aprender y adquirir conocimientos que lleven al profesor a conocer modos de cambios que sirvan para mejorar la práctica docente, corrigiendo y mejorando la que se tiene e introduciendo nuevas prácticas que permitan la mejor manera de enseñanza-aprendizaje (Marina: junio 2017 – 3.ª fase).

En esta reflexión, destacamos que la palabra colaboración o similar no aparece. Esto es consistente con el desarrollo obtenido con el cambio de contenido/tópico en las dos fases y las posibilidades que su dominio del contenido le permitió desarrollar en el aula, pero que no catalizó su desarrollo hacia una dimensión crítica, donde la colaboración es esencial para el desarrollo profesional, como se desprende de un metaestudio realizado por Thurlings y den Brok (2017). Pensamos que es otra creencia fuertemente enraizada en su práctica docente, motivada por una falta de cultura respecto a la formación

docente grupal, de la que Marina es consciente, pero que se ve obstaculizada por un conjunto de desafíos: tiempo, planificación *ad hoc*, limitadas oportunidades de desarrollo profesional, etc. (Mulholland y O'Connor, 2016).

En el ámbito *aprendizaje*, donde se intenta atrapar aspectos del CDC y el CDC-H, se observa una diferencia sutil entre las dos fases iniciales. En primer lugar, con la I-A y como motor de aprendizaje y el trabajo en el contenido de las disoluciones, Marina se encontraba en la dimensión técnica, caracterizada por la asimilación de los contenidos y un papel no desechable, aunque no principal, de la memoria, como ha quedado constatado en sus reflexiones y su acción de aula. Con posterioridad, en el segundo periodo de la primera fase, va iniciando un tránsito donde se asume que el conocimiento es una construcción personal. En la segunda fase, con el cambio de tópico, el suelo, este desarrollo se ve apuntalado tanto a nivel de reflexión como de acción. En nuestra opinión, la interacción y el contexto auspician un conflicto cognitivo en la profesora, una constatación de que las ideas sobre la asimilación entran en conflicto con las constructivistas, pues un aprendizaje más interactivo con el alumnado (en el plano conceptual, procedimental y actitudinal) le parece ofrecer un aprendizaje más significativo.

El cambio de contenido (disoluciones *versus* suelo) parece jugar, por tanto, un papel activo en el desarrollo, como se desprende del análisis de los intervalos temporales (véase tabla 8). El conocimiento que posee de las estrategias de enseñanza y de las representaciones de los procesos de formación del suelo es más elaborado del que posee del tópico relativo a las disoluciones, como se ha mostrado en el análisis de su acción de aula. En esencia, su conocimiento profesional específico del tópico es más robusto en la segunda fase. En definitiva, es asumible el desarrollo en este ámbito, pero aún queda recorrido para apreciar la relevancia de la construcción social y compartida en el aprendizaje (dimensión crítica). Este cambio de percepción es destacable en la tabla 9, donde asume planteamientos constructivistas y denota conflicto cognitivo.

Tabla 9.
Contraste de reflexiones de Marina sobre el aprendizaje

<p>Por lo menos mis clases no las hago complicadas, creo que lo que suelo pedir o los ejercicios que hacemos es sobre lo que se hace en clase, sobre la teoría que se ha explicado, sobre la información que se ha dado, entonces yo creo que el que no lo hace es porque le da igual lo que estamos haciendo, no le interesa el tema o no entiende o asimila los conceptos teóricos, pero vamos, yo les doy oportunidad para que los entienda, yo suelo preguntar mucho si os habéis enterado, dudas que tengáis, pero los niños, su actitud es totalmente pasiva, no todos, evidentemente, no todos, pero hay algunos que tienen una actitud totalmente pasiva... (Marina; diciembre 2001 - 1.ª fase).</p>	<p>El objetivo en el que más se ha insistido en el proceso de enseñanza-aprendizaje es que el alumnado aprenda construyendo conocimiento. Pero yo creo que asimilación y construcción van unidas. En determinados aprendizajes es necesaria una asimilación previa para llegar a una construcción. Se necesitan ideas y conceptos iniciales y primordiales para construir unos conocimientos. Por supuesto esto está condicionado por la capacidad de aprendizaje del alumno/a, hay quienes construyen y a la vez asimilan y aprenden. Otros en cambio son incapaces de construir sin una asimilación de ideas, conceptos o nociones previas (Marina; junio 2017 - 3.ª fase).</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

El análisis del ámbito *obstáculos*, a su vez, converge en un escenario muy similar en cuanto al desarrollo, pero diferente en los logros. Se vuelve a observar que la interacción en el aula-alumnado-contexto dinamiza esta forma de conocimientos y habilidades y, de nuevo, es el cambio de tópico el que parece dinamizar la complejidad. El contraste con la fase tercera se constata en la tabla 10, donde se observa el desarrollo de Marina. En la actualidad, sus razones van más encaminadas a que el número de alumnos/as es un serio inconveniente.

Tabla 10.
Contraste de reflexiones de Marina sobre los obstáculos

Hay algunos que sí te lo hacen, pero otros no, no es algo general, eso entonces, eso puede ser porque la capacidad receptiva del alumno no está adecuada a lo... o porque no le interese o porque no haga... (Marina; diciembre 2001 - 1.ª fase).	Es fundamental, y con cada uno en particular, analizar dónde reside el problema o la dificultad en ese proceso de aprendizaje. Conocer los obstáculos de cada alumno mejora los resultados individuales. Con las horas dedicadas a cada grupo es más que suficiente saber dónde está la dificultad que impide un buen aprendizaje, tanto a nivel individual como grupal. El problema reside en poder dar ayuda o solución a cada uno de ellos en particular, si se trata de grupos numerosos (Marina; junio 2017 - 3.ª fase).
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Algunos autores destacan esta poderosa influencia de las creencias, comportamientos y resultados del alumnado sobre el profesor y su CDC para la acción y en la acción (Gess-Newsome *et al.*, 2017).

Dentro de nuestro marco teórico, los ámbitos *aprendizaje escolar* y *obstáculos en el proceso de E/A* pertenecen al conocimiento profesional básico y al conocimiento profesional específico del tópico, como un sustrato que soporta el CDC y el CDC-H (Gess-Newsome, 2015). Es interesante destacar cómo el interés que concede Marina al conocimiento de los obstáculos que su alumnado encuentra en el proceso de aprendizaje descansa sobre unas teorías personales sobre cómo aprenden y la naturaleza de los obstáculos. Esta asociación se aprecia en el análisis de vinculaciones. Ya sea por el aprendizaje en el seno del grupo de investigación-acción o por un CDC más elaborado, en el caso del *suelo* respecto al de las *disoluciones* o una sinergia entre ambos, lo cierto es que se observa un desarrollo continuado en la interacción CDC ↔ CDC-H a través de los intervalos temporales, aunque limitado a la dimensión práctica. Nuestra interpretación es que el cambio de tópico de enseñanza (*disoluciones* en la primera fase y *suelo* en la segunda) es determinante. Esto nos da una idea de la importancia del conocimiento del tópico en este desarrollo.

Los conocimientos previos y su desarrollo podrían estar asociados al trabajo en el grupo de investigación-acción, por lo que sería clave ayudar a la profesora a fortalecer esos conocimientos. Ahora bien, como han argumentado algunos autores, es necesario que se sostengan en el tiempo, crear desafíos cognitivos en el profesorado y disponer de buenos materiales curriculares que den oportunidades de aprendizaje a alumnado y profesorado (Gess-Newsome, 2017). No conviene olvidar que en el aprendizaje continuo del profesorado las fuentes cognitivas, afectivas y motivacionales del comportamiento están entrelazadas e integradas en el contexto social (Korthagen, 2017) y ejercen influencia sobre el CDC (Melo, Cañada y Mellado, 2017), por tanto, conviene establecer objetivos y metas a corto plazo que animen a la motivación y el comportamiento para la acción (Hutner y Markman, 2017). En este sentido la investigación-acción parece una opción que cabe tener en cuenta.

Sin embargo, no puede dejar de considerarse que la formación inicial del profesor/a sigue siendo un elemento central en toda la trayectoria asociada al desarrollo profesional y va a evitar buena parte de los obstáculos hallados (Marina ya ha recorrido tres cuartas partes de su carrera docente), para lo cual vemos urgente estimular el debate sobre la práctica ausencia de los conocimientos básicos didáctico-pedagógicos en los diferentes grados disciplinares de acceso a la carrera docente de ciencias en secundaria y la escasa integración entre formación científica y didáctica (Pontes, 2016). El máster actual que habilita al profesorado en España se convierte en un proceso de deconstrucción dramático en algunos casos, en otras palabras: ¿no sería mejor construir unas bases del conocimiento desde el principio formativo universitario del alumnado, integrando el conocimiento científico y el didáctico específico de cada tópico? Es una pregunta que vale la pena ser investigada y contestada.

In memoriam: Andoni Garritz (†2015) y Agustín Vázquez (†2016).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTRICHTER, H. y HOLLY, M. L. (2006). Research diaries. En: B. Somekh y C. Lewin (eds.), *Research Methods in Social Sciences* (pp. 24-32). London: Sage Publications.
- ASTOLFI, J.-P. (1999). El tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos. *Revista Educación y Pedagogía*, vol. XI, 25, 151-171.
- BACHELARD G. (1983). *La Formation de l'esprit Scientifique*. Paris: J. Vrin.
- BADA, S. O. (2015). Constructivism Learning Theory: A Paradigm for Teaching and Learning. *Journal of Research & Method in Education*, 5(6), 66-70.
<https://doi.org/10.9790/7388-05616670>
- BARROS, S. G. (2016). Conocimiento científico conocimiento didáctico. Una tensión permanente en la formación docente. *Campo Abierto. Revista de Educación*, 35(1), 31-44.
- BRANNEN, J. (2016). *Mixing methods: Qualitative and quantitative research*. New York: Routledge.
- BRINES BRINES, A., SOLAZ PORTOLÉS, J. J. y SANJOSÉ LÓPEZ, V. (2016). Estudio exploratorio comparativo del conocimiento didáctico del contenido sobre pilas galvánicas de profesores de secundaria en ejercicio y en formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(2), 107-127.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1758>
- DATNOW, A. y HUBBARD, L. (2016). Teacher capacity for and beliefs about data-driven decision making: A literature review of international research. *Journal of Educational Change*, 17(1), 7-28.
<https://doi.org/10.1007/s10833-015-9264-2>
- DEPAEPE, F., VERSCHAFFEL, L. y KELCHTERMANS, G. (2013). Pedagogical content knowledge: A systematic review of the way in which the concept has pervaded mathematics educational research. *Teaching and Teacher Education*, 34, 12-25.
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.03.001>
- ESCUDERO, J. M. (2002). *La reforma de la reforma. ¿Qué calidad, para quienes?* Barcelona: Ariel.
- FEIMAN-NEMSER, S. (2008). Teacher learning: How do teachers learn to teach? En: M. Cochran-Smith, S. Feiman-Nemser, D. J. McIntyre y K. Demers (eds.), *Handbook of Research on Teacher Education: Enduring Questions in Changing Contexts* (pp. 697-705). New York: Routledge.
- GARRITZ, A. (2014). *Pedagogical Content Knowledge*. *Encyclopedia of Science Education*. Springer online. Recuperado de: <<http://www.springerreference.com/docs/html/chapterdbid/303055.html>>.
- GESS-NEWSOME, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. En Berry, A., Friedrichsen, P., Loughran, J. (Eds) *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (pp. 28-42). New York: Routledge.
- GESS-NEWSOME, J. y CARLSON, J. (2013). *The PCK Summit Consensus Model and Definition of Pedagogical Content Knowledge*. In the Symposium Reports from the Pedagogical Content Knowledge (PCK) Summit, ESERA Conference 2013, September.
- GESS-NEWSOME, J. y LEDERMAN, N. G. (1999). *Examining Pedagogical Content Knowledge*. Dordrecht: Kluwer A.P.
- GESS-NEWSOME, J., TAYLOR, J. A., CARLSON, J., GARDNER, A. L., WILSON, C. D. y STUHLSTAZ, M. A. (2017). Teacher pedagogical content knowledge, practice, and student achievement. *International Journal of Science Education*, publicado on-line.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1265158>
- GIL FLORES, J. (2017). Rasgos del profesorado asociados al uso de diferentes estrategias metodológicas en las clases de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 35(1), 175-192.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1970>
- HABERMAS, J. (1984). *Ciencia y Técnica como ideología*. Madrid: Tecnos.

- HASHWEH, M. (2013). Pedagogical content knowledge: Twenty-five years later. En: C. J. Craig, P. C. Meijer y J. Broeckmans (eds.) *From Teacher Thinking to Teachers and Teaching: The Evolution of a Research Community (Advances in Research on Teaching, Volume 19)* (pp. 115-140). Bingley (UK): Emerald Group Publishing Limited.
- HATTIE, J. (2008). *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. Abingdon, Oxon (UK): Routledge.
- HERMAN, B. C., CLOUGH, M. P. y OLSON, J. K. (2017). Pedagogical reflections by secondary science teachers at different NOS implementation levels. *Research in Science Education*, 47(1), 161-184. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9494-6>.
- HUBER, G. L. y GÜRTLER, L. (2013). *AQUAD 7. Manual del programa para analizar datos cualitativos*. Tübingen: Softwarevertrieb Günter Huber.
- HUTNER, T. L. y MARKMAN, A. B. (2017). Applying a Goal-Driven Model of Science Teacher Cognition to the Resolution of Two Anomalies in Research on the Relationship Between Science Teacher Education and Classroom Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(6), 713-736. <https://doi.org/10.1002/tea.21383>
- IMMORDINO-YANG, M. H. (2016). *Emotions, Learning, and the Brain: Exploring the Educational Implications of Affective Neuroscience*. New York: W. W. Norton y Company.
- IMMORDINO-YANG, M. H. y GOTLIEB, R. (2017). Embodied brains, social minds, cultural meaning: Integrating neuroscientific and educational research on social-affective development. *American Educational Research Journal*, 54(1 suppl), 344S-367S. <https://doi.org/10.3102/0002831216669780>.
- KENNEDY, M. M. (2010). Attribution error and the quest for teacher quality. *Educational Researcher*, 39, 591-598. <https://doi.org/10.3102/0013189x10390804>
- KIRSCHNER, S., BOROWSKI, A., FISCHER, H. E., GESS-NEWSOME, J. y 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(8), 1343-1372. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1190479>
- KLEICKMANN, T., RICHTER, D., KUNTER, M., ELSNER, J., BESSER, M., KRAUSS, S. y BAUMERT, J. (2013). Teachers' content knowledge and pedagogical content knowledge: The role of structural differences in teacher education. *Journal of Teacher Education*, 64(1), 90-106. <https://doi.org/10.1177/0022487112460398>
- KUMPULAINEN, K. y RAJALA, A. (2017). Dialogic teaching and students' discursive identity negotiation in the learning of science. *Learning and Instruction*, 48, 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.05.002>
- LOTTER, C. R. y MILLER, C. (2017). Improving Inquiry Teaching through Reflection on Practice. *Research in Science Education*, 47(4), 913-942. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9533-y>
- MAGNUSSON, S., KRAJCIK, J. S. y BORKO, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En: J. Gess-Newsome y N. Lederman (eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its Implications for Science Education* (pp. 95-132). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- MCNEILL, K. L., GONZÁLEZ-HOWARD, M., KATSH-SINGER, R. y LOPER, S. (2016). Pedagogical content knowledge of argumentation: Using classroom contexts to assess high-quality PCK rather than pseudoargumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(2), 261-290. <https://doi.org/10.1002/tea.21252>
- MELLADO JIMÉNEZ, V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 343-358.

- MELO, L., CAÑADA, F. y MELLADO, V. (2017). Exploring the emotions in Pedagogical Content Knowledge about the electric field. *International Journal of Science Education*, 39(8), 1025-1044. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i2.16
- MORIN, E. (1999). *Seven Complex Lessons in Education for the Future*. Paris: Unesco Publishing.
- MULHOLLAND, M. y O'CONNOR, U. (2016). Collaborative classroom practice for inclusion: perspectives of classroom teachers and learning support/resource teachers. *International Journal of Inclusive Education*, 20(10), 1070-1083. <https://doi.org/10.1080/13603116.2016.1145266>
- MURRAY, J. (2014). Teacher educators' constructions of professionalism: A case study. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 42(1), 7-21. <https://doi.org/10.1080/1359866x.2013.870971>
- NADIN, S. y CASSELL, C. (2006). The use of a research diary as a tool for reflexive practice. Some reflections from management research. *Qualitative Research in Accounting y Management*, 3(3), 208-217. <https://doi.org/10.1108/11766090610705407>
- NILSSON, P. (2014). When teaching makes a difference: Developing science teachers' pedagogical content knowledge through learning study. *International Journal of Science Education*, 36(1), 1794-1814. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.879621>
- PONTES, A., SERRANO, R. y POYATO, F. J. (2013). Concepciones y motivaciones sobre el desarrollo profesional docente en la formación inicial del profesorado de educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10 (núm. extraordinario), 533-551.
- PRINS, G. T., BULTE, A. M. y PILOT, A. (2016). An Activit-Based Instructional Framework for Transforming Authentic Modeling Practices into Meaningful Contexts for Learning in Science Education. *Science Education*, 100(6), 1092-1123. <https://doi.org/10.1002/sce.21247>.
- RIVERO, A., del POZO, R. M., SOLÍS, E., AZCÁRATE, P. y PORLÁN, R. (2017). Cambio del conocimiento sobre la enseñanza de las ciencias de futuros maestros. *Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas*, 35(1), 29-52. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2068>
- 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. <https://doi.org/10.3102/0034654311423382>
- SCHÖN, D. A. (1983). *The reflective practitioner. How professionals think in action*. New York: Basic Book.
- SHULMAN, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.2307/1175860>
- THURLINGS, M. y DEN BROK, P. (2017). Learning outcomes of teacher professional development activities: a meta-study. *Educational Review*, 69(5), 554-576. <https://doi.org/10.1080/00131911.2017.1281226>
- VAN DRIEL, J. H., DE JONG, O. y VEERLOP, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, 86(4), 572-590. <https://doi.org/10.1002/sce.10010>
- VÁZQUEZ-BERNAL, B., JIMÉNEZ-PÉREZ, R. y MELLADO, V. (2007a). El desarrollo profesional del profesorado de ciencias como integración reflexión y práctica. La Hipótesis de la Complejidad. *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cienc.*, 4(3), 372-393. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2007.v4.i3.01

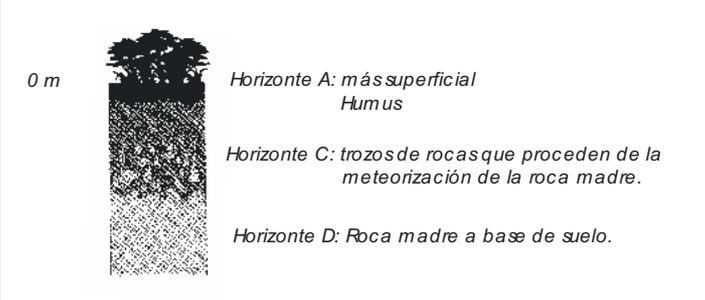
- VÁZQUEZ-BERNAL, B., JIMÉNEZ-PÉREZ, R. y MELLADO, V. (2007*b*). La reflexión en profesoras de ciencias experimentales de enseñanza secundaria. Estudio de casos. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 73-90. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/87863/216397>
- VÁZQUEZ-BERNAL, B., JIMÉNEZ-PÉREZ, R., MELLADO, V. y TABOADA, M. (2012). The process of change in a science teacher's professional development: A case study based on the types of problems in the classroom. *Science Education*, 96(2), 337-363.
<https://doi.org/10.1002/sce.20474>
- VÁZ-REBELO, P., MORGADO, J., FERNANDES, P. y OTERO, J. (2016). Ignorancia consciente en el aprendizaje de las ciencias II: factores que influyen en lo que los alumnos saben que no saben. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(1), 91-105.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1704>
- WOODBURY, S. y GESS-NEWSOME, J. (2002). Overcoming the paradox of change without difference: A model of change in the arena of fundamental school reform. *Educational Policy*, 16(5), 764-783.
<https://doi.org/10.1177/089590402237312>
- ZABALA, A. (1995). *La práctica educativa. Cómo enseñar*. Barcelona: Graó.

ANEXO I DIARIO DEL ALUMNADO

- El diario tiene como finalidad la opinión y crítica del alumnado sobre la clase y sobre las dificultades en el aprendizaje.
- En cuanto al tipo de escrito que se pretende, hay que tener en cuenta que pretendemos que el diario tenga un carácter fundamentalmente valorativo. Este carácter habrá de ser tenido en cuenta a la hora de observar los procedimientos lingüísticos que se utilizan, de forma que nos interesan las relaciones causa-efecto.
- La estructura del texto se articulará en torno a los siguientes puntos:
 - Inicio (relacionado con lo ocurrido el día anterior).
 - Valoración (de la opinión sobre el sentido y desarrollo de las actividades, las dificultades encontradas, relación profesor-alumnado, disciplina, participación).
 - Final (que se relacione con lo que va ocurrir el día siguiente).

ANEXO II. ANÁLISIS DE LAS SECUENCIAS DEL CONTENIDO PROCEDIMENTAL (INTERPRETACIÓN DE GRÁFICAS DE SOLUBILIDAD)

<i>RET 16 - Curso 2001-2002</i>	<i>Análisis de las secuencias de contenido procedimental</i>
La profesora dibuja la gráfica de solubilidad de KOH y describe cómo interpretarla y pregunta a los alumnos algunos valores de concentración máxima para diferentes temperaturas. La mayoría de los alumnos parecen entenderlo (no preguntan), salvo Auxi, que se equivoca. La profesora trata de aclararle su error. Mientras, otro compañero participa acertadamente y teniéndolo bastante claro. A Gerardo le llama la atención que sea mayor la cantidad máxima de soluto que puede disolverse que hay de disolvente (agua). La profesora aclara repetidas veces que en los gases la temperatura influye de manera diferente, disminuye su solubilidad con la temperatura (13:00 h).	Presentación de modelo.
La profesora insiste y pregunta si quedan claros los tipos de disoluciones. Ningún alumno manifiesta tener problemas. Pregunta si alguien hizo la actividad 26. Nadie lo tiene hecho. Decide la profesora hacerlo y exige la atención de su alumnado. Comienza dibujando el gráfico de solubilidad del ClNa, preguntando a sus alumnos por la forma que tiene en la tabla de los apuntes. Algunos responden acertadamente que representa una recta. Le dibuja la solubilidad para 20 °C con un valor de 37,6 °C. Ante la pregunta «¿qué significa ese dato?», un alumno que viene participando repetida y acertadamente responde (13:10 h).	Verbalización del procedimiento.
La profesora pregunta: ¿Qué significa que el gráfico sea una recta?, y aclara que la solubilidad siempre va a ser la misma. ¿Cuál es la sal más soluble a 30 °C? Aclara que al gráfico que corte con un valor de solubilidad más alto. Antonio da el valor y Gracia asocia ese valor al KOH. ¿Y la menor soluble? KClO ₃ , cuyo valor lo da Antonio José. (13:15 h). Se pasa al apartado b. ¿Cómo varía la solubilidad de las sustancias con la temperatura? Gracia responde correctamente. A mayor temperatura, mayor solubilidad. ¿Hay alguna experiencia? Los alumnos dicen que sí, la sal común, que se mantiene (13:20 h).	Ejercitación.
La profesora aclara la relación entre el volumen y la masa del agua, conociendo que en d = 1 gramo/cc. Se analiza la curva de solubilidad del KNO ₃ y los alumnos comprueban que quedan 20 gramos sin disolver si se añaden 50 g a 20 °C. Para los mismos valores a 60 °C y solubilidad de 110 g, los alumnos comprueban que se disuelve completamente el soluto, y podría disolverse hasta 60 g más.	Práctica guiada.
La profesora pregunta si todo el mundo lo entiende. Pregunta, concretamente a Juan Francisco, mientras relaciona los valores de solubilidad con las cantidades de soluto que pueden disolverse y cómo estos valores aumentan con la temperatura (13:22 h).	Recapitulación y resumen de ideas.

<p>RET 1 - Curso 2005-2006</p>	<p>Análisis de las secuencias de contenido conceptual</p>
<p>13:29 h. Resume las ideas de los componentes del suelo. Borra la pizarra y escribe en la pizarra:</p> <p>3. <i>Estructura del suelo.</i></p> <p>Una alumna sigue leyendo. La profesora corrige y dice que «horizontes y no horizontales» (error en el texto).</p> <p>13:34 h. Añade que «la compañera ha leído el texto y voy a hacer un dibujo». Expresa que como el dibujo de la página 3 está borroso, lo va a hacer ella misma en la pizarra. A la vez que dibuja va comentando los diversos componentes:</p> <div data-bbox="206 549 917 857" style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;">  <p>0 m</p> <p>Horizonte A: más superficial Humus</p> <p>Horizonte C: trozos de rocas que proceden de la meteorización de la roca madre.</p> <p>Horizonte D: Roca madre a base de suelo.</p> </div> <p>Con preguntas va guiando hacia la respuesta que ella considera correcta «roca madre» en el horizonte D.</p> <p>12:40 h. La profesora va comentando todo lo relativo a la roca madre. Pregunta por la roca de esta zona. Un alumno dice que la pizarra. Ella asiente y sigue explicando. Escribe en la pizarra. Dice la profesora que mejor que piedra emplear el concepto científico de «roca». Con algunos de los alumnos interacciona sobre la meteorización. Pregunta a algunos de ellos sobre los componentes del horizonte C. La mayoría de los alumnos responden correctamente y ella asiente, escribiendo en la pizarra (ver dibujo anterior).</p>	<p>Construcción. Conclusiones. Generalización. Resúmenes de ideas importantes. Síntesis que integre la nueva información con los conocimientos anteriores.</p>
<p>12:41 h. La profesora interacciona con los alumnos y emplea palabras adecuadas al nivel y edad de ellos. Resume las ideas de lo que ha dibujado.</p> <p>12:42 h. Escribe en la pizarra y pregunta por el horizonte A. Una alumna añade que es el más superficial. Interacciona con los alumnos sobre la composición del horizonte A. Estos dan diversas respuestas y ella asiente y corrige a la vez. Al fin, dicta las respuestas «donde se da la vida, incluso un hombre viviendo en una casa».</p> <p>12:43 h. Entabla diálogo con los alumnos haciéndoles preguntas por el horizonte A. Una alumna dice «se descompone». Ella asiente y vuelve a preguntar «¿qué sustancias se forman?». Una alumna dice «el humus». «Muy bien», añade la profesora. Al fin, dicta la respuesta «y la actividad de estos seres vivos, de morir y descomponerse origina el humus».</p> <p>12:44 h. Pregunta la profesora por el color del suelo. Un alumno responde «oscuro». Ella dice que «es de color oscuro» y añade el suelo es «fértil». Indica que para mañana repasen. Los alumnos recogen.</p>	<p>Aplicación de estrategias de codificación y retención.</p>

Pedagogical content knowledge (PCK) of a science teacher: reflection and action as facilitators of learning

Bartolomé Vázquez-Bernal, Roque Jiménez-Pérez
Departamento de Didácticas Integradas, Universidad de Huelva
bartolome.vazquez@ddcc.uhu.es, rjimenez@ddcc.uhu.es

Vicente Mellado Jiménez
Departamento de Didácticas de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura
vmellado@unex.es

The paper develops a case study of a secondary school teacher of experimental sciences in different phases. From the theoretical point of view, a review of the term Pedagogical Content Knowledge (PCK) is carried out; this is a key concept that helps to understand part of the teacher's development. Secondly, as a fundamental part of that knowledge, it underlies the idea that action-oriented reflection helps to sustain the necessary dialogue between theory and practice necessary for development. Thirdly, the Complexity Hypothesis, which states that development occurs through stages in a gradient of social interaction, from technique, related to the so-called technical rationality (efficiency), which we consider an obstacle, to a critical or autonomous learning, passing through a practical dimension based on the individual improvement in the daily problems of the classroom and in the search for meanings. The scope of study focuses on School Learning and Obstacles in the Teaching-Learning process.

The methodological process implemented is developed in three different phases, a first phase with the teacher immersed in a research-action group based on improving the teaching-learning processes with a specific content Solutions as a dynamizer. In the second phase, the teacher attempts aspects of her teaching through a different content, the Soil Formation. In the third phase, the teacher reflects on the reports generated by the researchers in the previous phases and their current teaching. Very diverse sources of information are used: questionnaires, interviews, diaries (by teacher and students) and videos, using different quantitative and qualitative methods. The analysis of results was implemented from three perspectives: analysis of frequencies, content and links between the different categories of the study.

The results show a development of the professor in the two fields of research. Once placed within the practical dimension there is either no development or it is in the beginning. This appreciation may lead us to think that these beliefs are very stable, as some research has established. This PCK, formed after years of profession, was still far from critical positions, and it is an aspect that neither the Research-Action group nor the PCK associated to the content/topic have been able to change, which leads us to think that it is a slow and gradual process, as other works have highlighted.

In the Learning area, where we try to embrace aspects of the PCK and the PCK-S, interaction and context lead to a cognitive conflict in the teacher, a confirmation that ideas about assimilation come into conflict with constructivists, because a more interactive learning with students (at the conceptual, procedural and attitudinal level), seems to offer a more significant learning. The analysis of the Obstacles in the Teaching-Learning process area, in turn, converges in a scenario that is very similar in terms of development, but different in terms of achievements. It is observed again that interaction in the classroom-student-context dynamizes this form of knowledge and skills and, again, it is the change of topic that seems to dynamize the complexity. This gives us an idea of the importance of the Topic Specific Professional Knowledge in this development. The previous knowledge and its development could be associated to the work in the Research-Action group, so it would be essential to help the teacher to strengthen that knowledge, but it is necessary that it be sustained over time, it creates cognitive challenges in the teaching staff and it has good curricular materials that give learning opportunities to both students and teachers. In this sense, Action Research seems to be an option to take into account.

In conclusion, initial teacher training continues to be a central element in the entire trajectory associated with professional development and will avoid a good part of the obstacles encountered; this is why we see an urgent need to stimulate debate on the practical absence of basic didactic-pedagogical knowledge in the different disciplinary levels of access to the career of science teachers in secondary schools.

