



Modelos de conocimiento didáctico del contenido científico y tecnológico en docentes de Química y Física

- Models of Didactic Knowledge of Scientific and Technological Content in Chemistry and Physics Teachers
- Modelos de conocimiento didáctico de conteúdo científico e tecnológico em professores de química e física

Resumen

El presente artículo describe un trabajo de investigación que tuvo como objetivo comprender la interacción entre el conocimiento disciplinar y el conocimiento tecnológico fundamentado en la naturaleza de la ciencia y la tecnología, de un grupo de docentes de Química y Física en ejercicio y en formación. El mismo, se focaliza en el desarrollo del Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) y Contenido Tecnológico Pedagógico (TPACK), con enfoque holístico, durante el diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje, basado en la interacción persona-ordenador. La investigación, consiste en un estudio de caso, de carácter cualitativo y cuantitativo. Los resultados indican que el modelo de formación didáctica dinamiza las conexiones entre el conocimiento disciplinar y tecnológico, favorece determinados procesos de cambios y permanencias que orientan los modelos de CDC: tecnológico-disciplinar. Lo cual promueve en el pensamiento del profesorado un criterio de coherencia para el diseño de posibles escenarios didácticos de integración curricular de las TIC.

Palabras clave

Ciencia y Tecnología; formación didáctica del profesorado; modelos de conocimiento didáctico del contenido

Marcelo Salica*
Mirian Almirón**
Silvia Porro***

* Licenciado en Tecnología Educativa; encargado de cátedra Práctica Docente en Física; Investigador del Departamento de Didáctica de las Matemáticas, Ciencias Naturales y Tecnología, Universidad Nacional del Comahue.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2652-0701>.
Correo: marcelo.salica@face.uncoma.edu.ar

** Doctora en Ciencias Sociales y Humanas; investigadora del Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes.

Correo: miralmiron@yahoo.com.ar

*** Doctora en Ciencias Bioquímicas; docente de Didáctica de las Ciencias Naturales, profesora titular área Química, Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3515-1856>.
Correo: sporro@unq.edu.ar



Abstract

This article describes a research that aimed to understand the interaction between disciplinary knowledge and technological knowledge based on the nature of science and technology, of a group of practicing and future teachers in chemistry and physics. It focuses on the development of the Pedagogical Content Knowledge (PCK) and Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK), with a holistic approach, during the design of teaching and learning sequences, based on the person-computer interaction. The research consists of a case study with a, qualitative and quantitative approach. The results indicate that the didactic training model fosters energizes the connections between disciplinary and technological knowledge, favors certain processes of changes and permanence that guide the models of didactic knowledge of the content (PCK): technological-disciplinary. This promotes in the teaching staff a criterion of coherence for the design of possible didactic scenarios of ICT curricular integration.

Keywords

Models of didactic knowledge of content; Science and Technology; teaching training of teachers

Resumo

Este artigo descreve um trabalho de pesquisa que teve como objetivo entender a interação entre o conhecimento disciplinar e o conhecimento tecnológico com base na natureza da ciência e da tecnologia, de um grupo de professores praticantes e futuros professores de química e física. Ele se concentra no desenvolvimento do Conhecimento Didático do Conteúdo (CDC) e Conhecimento Pedagógico Tecnológico do Conteúdo (TPACK) com uma abordagem holística durante o desenho de seqüências de ensino e aprendizagem, com base na interação pessoa-computador. A pesquisa consiste em um estudo de caso, qualitativo e quantitativo. Os resultados indicam que o modelo de treinamento didático promove as conexões entre o conhecimento disciplinar e tecnológico, favorece certos processos de mudanças e permanências que norteiam os modelos de conhecimento didático do conteúdo (CDC): tecnológico-disciplinar. Isso promove no corpo docente um critério de coerência para o desenho de possíveis cenários didáticos de integração curricular de TIC.

Palavras chave

Ciência e Tecnologia; formação de professores; modelos de conhecimento didático de conteúdo

Introducción

Ser docente de ciencias naturales, particularmente en el campo de la Física y la Química, es una profesión muy conservadora; de acuerdo con Marchán et al. (2015), la docencia tiende a ejercerse más en la forma en que se aprendieron esas materias siendo estudiante y no tanto en lo que aprendió el docente durante su formación pedagógica. En este sentido, "cada docente tiene su propia visión sobre lo que debe ocurrir en el aula, y estas ideas y las prácticas asociadas son muy difíciles de cambiar" (Marchán et al., 2015, p. 38). En esta misma línea, es posible encontrar que la "mayoría de los profesores, y las profesoras, no transforman sustancialmente su práctica de enseñanza al integrar tecnología en el aula y lo que hacen es acomodar la tecnología a su práctica actual" (Sunkel, 2009, p. 42). Asimismo, en las prácticas de enseñanza, el profesorado de ciencias utiliza las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para exponer los contenidos de forma tradicional. Además en los estudiantes se encuentra un escaso uso de las TIC para el aprendizaje, restringido principalmente a la búsqueda de información y comunicación. Dicha realidad pone al descubierto la complejidad que implica el cambio en la "formación didáctica del profesorado de ciencias naturales" para la "integración curricular de las TIC". Es por esta razón, y como expresan las investigaciones de Reyes et al. (2013), que se evidencia la necesidad de continuar con estudios puntuales de profesores de ciencias en formación, principiantes y experimentados.

Algunos autores consideran que "la integración curricular de las TIC es el proceso de hacerlas enteramente parte del currículum, como parte de un todo, permeándolas con los principios educativos y de la didáctica que conforman el engranaje del aprender" (Sánchez, 2003, p. 53) en función de la especificidad disciplinar. Sin embargo, la problemática de la integración curricular de las TIC resulta un proceso complejo con muchas variables y factores de naturaleza diversa. Dada esta complejidad, la formación didáctica del pro-

fesorado para la integración curricular de las TIC en el aula no debiera centrarse exclusivamente en enseñar el manejo de los diferentes recursos TIC, sino que debe servir de guía para indagar y reflexionar sobre las posibilidades pedagógicas y didácticas que se abren con la aplicación de las TIC en la enseñanza (Almirón et al., 2014); así como promover una mejor comprensión de la relación entre la Ciencia y la Tecnología (CyT) (Lederman, 2007). A fin de alcanzar este propósito, es menester promover en el profesorado el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) y el Conocimiento del Contenido Tecnológico Pedagógico (TPACK, por sus siglas en inglés) desde un enfoque holístico (Koehler et al., 2015).

El objetivo general de esta investigación consiste en analizar el CDC y TPACK del profesorado de Física y Química mientras diseñan una Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje (SEA). Como objetivo específico se busca caracterizar la interacción entre el conocimiento científico y tecnológico fundamentado en la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT), por medio de la indagación con enfoque mixto: cualitativo y cuantitativo.

Marco teórico

Los componentes del conocimiento didáctico del contenido

Adentrarse en el conocimiento que construye el profesorado de Ciencias al diseñar cada SEA mediada por las tecnologías, permitirá acceder al CDC y TPACK desde un enfoque holístico, "que articula el contenido disciplinar del tema objeto de estudio y su interacción con la didáctica" (en Acevedo, 2009, p. 3). El CDC fue introducido por Shulman (1987), quien lo describe como una amalgama especial de contenido y la propia pedagogía del profesorado. Este marco conceptual requiere de una comprensión profunda del contenido (Candela, 2016), de las concepciones acerca de la NdCyT que posee el profesorado y de las dificultades de aprendizaje del estudiantado. De acuerdo con Mora et al. (2008), alcanzar

una comprensión profunda permitiría integrar tramas de contenido sobre la NdCyT, el contexto áulico y las TIC. En la actualidad, el CDC como marco conceptual de *metanivel*, permite enriquecer las investigaciones referidas al pensamiento del profesorado de ciencias. El CDC, la NdCyT y las TIC son tres de los ejes temáticos que Garritz (2010) denomina paradigmas de la enseñanza de las ciencias, conformando las nuevas expectativas de aprendizaje en este siglo. Particularmente, en los estudios referidos a la integración de las TIC emerge el modelo teórico denominado Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK), esbozado por Mishra y Koehler. Este marco conceptual deriva de la idea formulada por Shulman (1987), posteriormente ampliado por Koehler et al. (2015).

En consecuencia, en la articulación del CDC y TPACK, se definen cinco tipos de conocimientos principales que constituyen categorías conceptuales por separado: Conocimiento/creencias de lo Disciplinar (CD); Conocimiento/creencias de lo Metadisciplinar (CM); Conocimiento/creencias del Contexto (CC); Conocimiento/creencias de lo Psicopedagógico (CP); y Conocimiento/creencias con relación a la Tecnología (CT). Las anteriores categorías son los conocimientos que el profesorado pone en acción al momento de pensar cómo integrar las TIC en la enseñanza de las Ciencias.

El conocimiento tecnológico del contenido disciplinar

Con el propósito de caracterizar la relación entre el CT y el CD durante la formación didáctica del profesorado de Ciencias para la integración curricular de las TIC, se aborda dicho asunto desde la perspectiva de las metáforas conceptuales (Scolari, 2004), a fin de describir la Interacción Persona Ordenador (IPO). Así, los aportes de Scolari (2004) se fundamentan en el modelo semio-cognitivo de las IPO, las cuales pretenden superar la perspectiva instrumentalista tecnocrática con la cual se enseña a utilizar las TIC. Y, aunque la relación persona-ordenador puede ser analizada desde distintas miradas conceptuales, la perspectiva que ofrece el autor permite interpelar y repensar dicha relación desde lo que sería una crítica a la razón instrumental. Las teorías cognitivas que estudian la relación persona-ordenador, han experimentado un flujo de conceptos y categorías teóricas desde las Ciencias Cognitivas hacia la Semiótica, cuya relación ha sido bidireccional. Aquí pretendemos trasladar este flujo conceptual al campo de la Didáctica de las Ciencias Naturales, con el propósito de caracterizar los procesos de integración curricular de las TIC en la enseñanza de la Química y la Física.

Desde esa perspectiva, la construcción conceptual que el profesorado realice a partir del contenido de la interfaz gráfica del *software* utilizado para enseñar Ciencias, implica hacer explícitos dos componentes básicos: el Conocimiento Disciplinar (CD), que consiste en la comprensión "de" la ciencia, que engloba los tradicionales conocimientos sobre hechos, conceptos, principios y procesos de la ciencia; y el Conocimiento Tecnológico (CT), que radica en el funcionamiento y operación de la tecnología educativa, como la representación del conocimiento científico en el contenido de la interfaz gráfica del *software* mediante lenguajes elaborados, los modelos como sistemas de comunicación, representación, simulación y animación de los procesos y fenómenos. La interacción de estos conocimientos pone en tensión los fundamentos epistemológicos y didácticos del profesorado acerca de la interacción cyT, dado que el conocimiento sobre

las TIC en el campo educativo se puede trasladar al conocimiento sobre las tecnologías científicas (instrumentación). La denominación NdCyT se usará en adelante para describir el conocimiento metadisciplinar (CM), acerca de cómo la relación CyT opera integradamente sobre el paradigma del pensamiento del profesorado de ciencias o CDC-TPACK. El grado de razonamiento didáctico específico entre los componentes constituye un criterio de coherencia para examinar el CDC-TPACK, durante la aplicación del “modelo de formación didáctica del profesorado de ciencias”, para la integración curricular de las TIC.

Aquí, el proceso de IPO ocurre durante el diseño de la SEA que experimenta el profesorado mientras usa el *software* educativo (TIC), esto constituye una interfaz entendida en términos conversacionales. Es decir, la interfaz como diálogo entre la máquina digital y el usuario (profesorado participante: PES y FPS). En ese sentido, el uso de las metáforas conceptuales resulta necesario para la comprensión del CDC y TPACK, focalizado en la relación entre el CT y el CD. Cada metáfora inspira un modelo teórico, delimita un campo específico de estudios y habilita un saber siempre limitado e hipotético; la metáfora funciona como un agente modelador de la percepción guiando las acciones de diseño y el uso de la interfaz. Ahora, no todas las metáforas poseen el mismo valor descriptivo, tomamos cuatro metáforas de la interfaz definida por Scolari (2004) para caracterizar el proceso de IPO y sus efectos en el diseño de la SEA:

1. Metáfora conversacional [MC]: interfaz como diálogo persona-ordenador (enfoque semiótico-pragmático): entendiendo al diálogo como conversación entre dos entidades simbólicas;
2. Metáfora instrumental [MI]: interfaz como extensión o prótesis del cuerpo del usuario;
3. Metáfora superficial [MS]: interfaz como superficie osmótica que separa/permite el intercambio hombre-computadora y;

4. Metáfora espacial [ME]: interfaz como entorno de interacción hombre-computadora. Este remite a la arquitectura y a los espacios.

El modelo de formación didáctica del profesorado de ciencias

Este modelo es una metodología clave para promover el desarrollo del CDC y TPACK en la integración curricular de las TIC. Entre las diferentes modalidades de formación didáctica del profesorado se promueve la formación didáctica basada en la idea de “modelo”, que se focaliza en la *reflexión dialógica* (Copello et al., 2001). Al respecto, Zabalza (2011) introduce la noción de “modelos” de formación del profesorado como “formas de representación retrospectiva (que implica reflejar en un esquema lo que se está haciendo), y aportan un marco de referencia prospectivo (organizar lo que se va a hacer de acuerdo con un modelo)” (Zabalza, 2011, p. 26). Este modelo es de naturaleza metacognitiva, con el fin de promover actitudes, fundamentadas en las concepciones y creencias del profesorado de Ciencias. Las actitudes constituyen determinadas tendencias o predisposiciones psicológicas personales adquiridas, relativamente duraderas, que implican una valoración afectiva o evaluación determinada de una persona, suceso o situación, y que determinan una forma de actuar y de resolver un problema hacia la enseñanza de la física y química que incorporan las TIC (Sanabria et al., 2012; Pozo, 2013).

En este sentido, el modelo de formación didáctica pretende incentivar en el profesorado participante su “CDC y TPACK con enfoque holístico” (Koehler et ál., 2015), desarrollar una topología relacional para promover actitudes con nuevos esquemas de percepción, pensamiento y acción que favorezcan el cambio del profesorado. En esta misma línea, Forestello (2005), destaca la necesidad de que el profesorado pueda vivenciar la apropiación de las TIC durante su proceso de formación; así, el propiciar este tipo de formación didáctica permitiría conocer los efectos de la inte-

gración curricular de las TIC en el universo cognoscitivo del profesorado para la enseñanza de las Ciencias mediada por TIC, basado en la coalescencia entre este y el contenido de la interfaz gráfica del *software*. El modelo de formación didáctica permitiría comprender el complejo fenómeno de la integración curricular de las TIC, identificando las conexiones entre la tecnología, la disciplina y la pedagogía (Koehler et al., 2015).

Metodología

Método

El método en esta investigación corresponde a un estudio de caso aplicado a un grupo único experimental natural de profesorado en ejercicio (PEs) y futuro profesorado de ciencias (FPs) de Química y Física, que cursan un taller de formación didáctica para la integración curricular de las TIC en la enseñanza de las ciencias.

Participantes

Los participantes de la muestra completa están constituidos por docentes en ejercicio (N=3, edad promedio: 42,33 años) y docentes de Ciencias en formación (N=3, edad promedio: 26,66 años), de las disciplinas: Química y Física. La diferencia entre FPs y PEs, yace en que los PEs poseen diez años o más de ejercicio de la docencia (con o sin titulación), mientras que los FPs no tienen más de un año de práctica docente o no han finalizado su formación académica en el sistema universitario. Las características de las personas participantes siguen los criterios que explicitan Rodríguez et al., "no se pretende realizar generalizaciones" dado que "todos los sujetos de la población tienen las mismas posibilidades de formar parte de la muestra de estudio, basándose en el principio de equiprobabilidad", (2009, p. 28). Esto constituye una muestra no probabilística, denominada "estudio de caso teórico o muestra de casos-tipo" (Hernández et al., 2010, p. 603).

Se utilizó un enfoque de investigación mixta: cualitativo y cuantitativo. Los instrumentos consisten en: (1) modelo de formación didáctica para el diseño de SEA que integren las TIC; (2) aplicación de un *pretest* y *postest* para evaluar las actitudes mediante una escala tipo *Likert* y (3) entrevista para obtener las Representaciones del Contenido (reco); así, la organización y aplicación de los instrumentos se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Organización de la investigación

Grupo PEs FPs	Instrumentos			
	2 Pretest	1 Diseño SEA	2 Postest	3 ReCo
Tiempos orientativos	x/y/2015	x/y+n/2015	x/y+3/2015	

Fuente: elaboración propia.

Instrumento 1: características del modelo de formación didáctica

En el modelo de formación didáctica las personas participantes trabajan en duplas pedagógicas conformadas por PES y FPS, para diseñar una SEA; el diseño de la SEA se enfoca en el uso de simuladores para la enseñanza de contenidos específicos en la Educación Secundaria. Cada SEA tiene la misma estructura didáctica de *inicio, desarrollo y cierre*, caracterizada como "ciclo constructivista de enseñanza y aprendizaje" (Sanmartí, 2002). Los contenidos de cada SEA fueron elegidos por las personas que participan de acuerdo con su nivel de dominio disciplinar y conocimiento sobre las dificultades de enseñanza y aprendizaje de los contenidos. Cada SEA posee las características siguientes:

- SEA 1= disciplina: Físicoquímica; tema: densidad de los materiales; TIC: simulador; edad: 15 años.
- SEA 2= disciplina: Física; tema: cinemática; TIC: simulador; edad: 16 años.
- SEA 3= disciplina: Química; tema: transformaciones químicas de la materia; TIC: simulador; edad: 17 años.

Instrumento 2: COCTS

Para la evaluación de las actitudes acerca de la NdCyT, se aplicaron cuestiones extraídas del Cuestionario de Opinión Ciencia-Tecnología-Sociedad: COCTS (Vázquez et al., 2013). Cada cuestión corresponde a un tema y subtemas que representan dimensiones de la NdCyT. Los temas seleccionados: 1) Ciencia y Tecnología, Interdependencia (10113); 2) Naturaleza del conocimiento científico, Aproximación a las investigaciones (90621), Observaciones (90111), Paradigmas (91121) y Razonamiento lógico (90811). Cada cuestión se compone de frases ordenadas alfabéticamente (A, B, C...), que se valoran siguiendo una escala tipo *Likert*. Todas tienen el mismo formato: se inicia con una introducción de pocas líneas donde se plantea un problema, seguido de las frases que ofrecen diferentes justificaciones sobre el tema planteado y dos opciones para no contestar: "no entiendo" y "no sé".

Cada una de las frases alternativas fue clasificada por un panel de personas expertas como adecuada (A), plausible (P) o ingenua (I) según la cual se valoran las respuestas dadas con el Método de Respuesta Múltiple (MRM) (Vázquez et al., 2006). En la Tabla 2 se presenta el contenido del cuestionario aplicado.

Tabla 2. Contenido de los cuestionarios

90111	Las observaciones científicas hechas por científicos competentes serán distintas si estos creen en diferentes teorías
___A.	Sí, porque los científicos harán experimentos diferentes y verán cosas distintas
___B.	Sí, porque los científicos pensarán de manera diferente y esto alterará sus observaciones
___C.	Las observaciones científicas no diferirán mucho aunque los científicos creen en teorías diferentes. Si estos son realmente competentes sus observaciones serán similares
___D.	No, porque las observaciones son tan exactas como sea posible. Así es como la ciencia ha sido capaz de avanzar
___E.	No, las observaciones son exactamente lo que vemos y nada más; son los hechos
90621	Los mejores científicos son los que siguen las etapas del método científico
___A.	El método científico asegura resultados válidos, claros, lógicos y exactos. Por tanto, la mayoría de los científicos seguirán las etapas del método científico
___B.	El método científico, tal como se enseña en las clases, debería funcionar bien para la mayoría de los científicos
___C.	El método científico es útil en muchos casos, pero no asegura resultados. Por tanto, los mejores científicos también tendrán originalidad y creatividad
___D.	Los mejores científicos son aquellos que usan cualquier método para obtener resultados favorables (incluyendo la imaginación y la creatividad)
___E.	Muchos descubrimientos científicos fueron hechos por casualidad y no siguiendo el método científico

91121 Los científicos de diferentes campos ven una misma cosa desde diferentes puntos de vista (por ejemplo, H⁺ hace que los químicos piensen en acidez y los físicos piensen en protones). Esto quiere decir que una idea científica tiene diferentes significados, dependiendo del campo en que trabaja el científico.

Las ideas científicas pueden tener *diferentes* significados en diversos campos:

- A. Porque las ideas científicas pueden ser interpretadas de manera diferente en un campo que en otro
- B. Porque las ideas científicas pueden ser interpretadas de manera diferente, dependiendo del punto de vista de cada científico particular o de lo que ya conoce

Las ideas científicas tienen el *mismo* significado en todos los campos:

- C. Porque la idea se refiere al mismo objeto real de la naturaleza, independientemente del punto de vista que tenga el científico
- D. Porque todos los campos de la ciencia están estrechamente relacionados entre sí
- E. Para permitir la comunicación entre científicos de diferentes campos. Los científicos deben estar de acuerdo con el uso de los mismos significados

90811 Si los científicos encuentran que la gente que trabaja con una sustancia denominada asbesto tiene el doble de posibilidades de tener cáncer de pulmón que una persona media ¿quiere decir que el asbesto puede causar cáncer de pulmón?

- A. Esos hechos, obviamente, prueban que el asbesto causa cáncer de pulmón. Si los trabajadores con asbesto tienen una mayor probabilidad de tener cáncer de pulmón, entonces el asbesto es la causa

Los hechos *no* significan necesariamente que el asbesto causa cáncer de pulmón:

- B. Porque se necesita más investigación para averiguar si es el asbesto o otra sustancia quien causa el cáncer de pulmón
- C. Porque el asbesto puede funcionar en combinación con otras sustancias, o indirectamente (por ejemplo, debilitando la resistencia a otras sustancias que causarían el cáncer de pulmón)
- D. Porque si lo hiciera, todos los trabajadores con asbesto habrían tenido cáncer de pulmón
- E. El asbesto no puede causar cáncer de pulmón porque mucha gente que no trabaja con asbesto también tiene cáncer de pulmón

10113 El proceso de hacer ciencia se describe mejor como:

- A. Todo lo que hacemos para entender el mundo que nos rodea
- B. El método científico
- C. Descubrir el orden que existe en la naturaleza
- D. El uso de la Tecnología para descubrir los secretos de la naturaleza
- E. La aplicación de métodos cualitativos y cuantitativos para entender el universo
- F. observar y proponer explicaciones sobre las relaciones en el universo, y comprobar la validez de las explicaciones

Fuente: elaboración propia.

El acuerdo/desacuerdo con las frases se expresa en una escala del 1 (muy en desacuerdo) al 9 (muy de acuerdo); estas valoraciones se transforman en índices actitudinales normalizados (entre +1 y -1), utilizando el MRM. Las frases adecuadas se valoran tanto más alto cuanto la puntuación se aproxime al 9, las ingenuas cuanto más cercanas al 1 y las plausibles (incluyen aspectos parcialmente adecuados) cuanto más cercana al 5 (valor central).

El cuestionario se administra en papel y lápiz. El profesorado participa libremente, como una actividad de autoevaluación para explorar sus actitudes.

Instrumento 3: entrevista ReCo

Se utilizó el cuestionario de Loughran et al. (2004); las preguntas permiten identificar las ideas, nociones y metáforas de la IPO que describen las interacciones con el contenido de la interfaz gráfica del *software*, dado que cada representación metafórica nace a partir de una modalidad específica de la interacción (Scolari, 2004) y se encuentran contenidas en el ReCo. Partimos del supuesto que de la IPO emergen metáforas que inspiran un modelo teórico del conocimiento didáctico en el profesorado y habilitan un saber siempre limitado e hipotético, nunca definitivo. La metáfora funciona como un agente modelador del pensamiento guiando las acciones de diseño y el uso de la interfaz para la enseñanza de las ideas científicas representadas en la interfaz gráfica del *software*. Se aplicaron las preguntas siguientes: ¿Qué intentas que el estudiantado aprenda con este tema? ¿Por qué es importante para el estudiantado aprender este contenido? ¿Qué más sabes sobre este tema? ¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza del contenido? ¿Qué conocimiento acerca del pensamiento del estudiantado influye en tu enseñanza de este tema? ¿Cuáles otros factores influyen en la enseñanza de esta idea? ¿Qué procedimientos empleas para que el estudiantado se comprometa con el tema? ¿Qué maneras específicas utilizas para evaluar el entendimiento o confusión del estudiantado sobre el tema?

Procedimiento de análisis cualitativo

El análisis cualitativo del CDC y TPACK se focalizó en la identificación de categorías metafóricas conceptuales que las personas participantes explicitan en sus reflexiones metacognitivas y metaefectivas, para valorar el efecto de la IPO durante el diseño de las SEA. A partir de las desgrabaciones y transcripciones de los archivos de audio, se identifican las unidades de sentido *in vivo* referidas a las categorías metafóricas de la IPO descritas en el marco teórico.

La categorización se establece como el proceso en el que se identifican las unidades de significado, referidas a las experiencias,

ideas, hechos relevantes y con significado sobre los procesos de la IPO. Estos criterios se definen previamente desde el Modelo semio-cognitivo para identificar el uso de metáforas que refieran a la IPO y que fundamentan la interacción entre el CT y CD:

- Cada *metáfora* se refiere a un estilo de interacción con la interfaz, esto inspira un *modelo de conocimiento didáctico* y delimita un componente específico del CDC y TPACK.
- Las metáforas se refieren a construcciones ideales; lo cual no impide que se solapen unas con otras, pudiendo resultar ontológicamente incoherentes o aparentemente incompatibles.
- Cada representación metafórica surge de una modalidad específica de la IPO.

Procedimiento de análisis cuantitativo

Los resultados de las medidas repetidas del COCTS se presentan a partir de los índices actitudinales para la caracterización del grupo experimental completo y comparando los efectos *pretest* y *postest*.

El análisis de los datos se realizó con el programa informático SPSS®, con ANOVA de medidas repetidas, pruebas de significación "*p-value*", aplicando pruebas no paramétricas de Wilcoxon, cálculo de *d* de Cohen para evaluar el tamaño del efecto y *r* de Spearman. Se evalúa el estadístico *p*-valor para muestras relacionadas y de contraste entre intervenciones para comparar los índices globales antes y después del desarrollo de cada SEA, con un nivel de significancia del 0,05 (intervalo de confianza 95 %). Los índices actitudinales de cada frase constituyen indicadores que permiten realizar análisis comparativos exhaustivos, a fin de caracterizar las actitudes entre cuestionarios (frases y categorías) apoyados en indicadores cuantitativos para contrastar hipótesis (Vázquez et al., 2006).

Las pruebas de contraste buscan determinar diferencias significativas antes y después de la formación didáctica del profesorado de ciencias en función de la IPO, la efectividad del tratamiento se valora comparando los resultados de la evaluación con las puntuaciones del *pretest* y *postest*; y la determinación del tamaño del efecto permite describir y maximizar el efecto cualitativo del proceso de formación didáctica. El estadístico se considera relevante cuando es mayor que 0,30 ($d > 0,30$) y la dirección del efecto de mejora se determina por el signo del estadístico de acuerdo con la dirección predicha (negativo para el *pretest* y positivo a favor del *postest*).

Resultados y discusión

Resultados del ReCo

Se identificaron cinco subcategorías descritas en la Tabla 3, que componen una más amplia: "Tendencias Didácticas de Enseñanza de las Ciencias y Tecnología (TECyT)". Esta categoría permite caracterizar los modelos del conocimiento didáctico del profesorado fundamentado en la IPO; se describen las subcategorías y se transcriben las unidades de significado *in vivo* más frecuentes y representativas que componen el ReCo para la integración curricular de las TIC.

Tabla 3. Subcategorías de los modelos de CDC-TPACK

Subcategorías		Unidades de significado	Metáforas IPO
TECyT	Descripción		
Descubrimiento	Centrado en la manipulación de los objetos virtuales presentes en la pantalla promoviendo el dominio de procesos, a modo de proceso investigativo abierto	"El alumno debe indagar/explorar en el software disciplinar"	MS y MI
Dialógica	Basado en el diálogo socrático del estudiante con el ordenador	"Poner en diálogo al usuario con el software de manera que se viera interpelado por el mismo"	MC
Dominio del contenido /competencia disciplinar	Caracterizado en una IPO donde el contenido conceptual posee un alto poder estructurante	"Comprender la lógica del software como contenido (competencias) "	MC
Modelización/multimodalidad	La multimodalidad del contenido de la interfaz promueve los procesos de modelización virtual donde los contenidos pueden cambiar en el proceso	"Generar el aprendizaje a partir de los múltiples lenguajes del software y sus representaciones e interacciones: gráficos, ecuaciones, tablas, modelización, simulación (el sonido, la imagen)"	MS y MI
Construcción pragmática y reflexiva	El contenido de la interfaz posee una trama que orienta los procesos actitudinales y procedimentales durante la IPO	"Teorizar desde la práctica: es decir el estudiante puede construir desde el ejercicio con el software"	MS y MC

Fuente: elaboración propia.

Análisis interpretativo de las subcategorías del ReCo

Estas cinco tendencias de carácter heterogéneo describen modelos de conocimientos didácticos del contenido científico y tecnológico fundamentados en el solapamiento de las metáforas semio-cognitivas; en otros términos, representan posibles escenarios didácticos que implican determinados procesos de enseñanza de las ciencias que integren las TIC.

Los diferentes niveles de formulación que componen cada subcategoría consisten en tendencias asociadas a la diversidad de concepciones del profesorado basada en las múltiples formas de comprender la relación entre el CT y el CD; dichas concepciones reflejan las ideas semio-cognitivas que comienzan a impregnar el CDC y TPACK durante la formación didáctica de los FPS y PES.

La categoría general (TECYT) se basa en el carácter prototípico (modelo) en que se encuentran estas concepciones en el profesorado al momento de su registro y documentación. No obstante, los modelos de CDC-TAPCK revisten la forma de representación retrospectiva y aportan un marco de referencia prospectivo (Zabalza, 2011), constituyendo suposiciones acerca de la forma de integrar las TIC en la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias, lo cual refleja un CDC y TPACK del profesorado en proceso de elaboración durante el diseño de cada SEA, de allí que esos modelos constituyen conocimientos/creencias nunca definitivos. Esta reconstrucción, revela la existencia de elementos relacionados con las *concepciones didácticas y tecnológicas* que fundamentan el repertorio de modelos de conocimientos didácticos de los FPS y PES, fundamentados en el enfoque holístico del CDC y TPACK.

Resultados del COCTS

La comparación de los estadísticos para el profesorado se resume en la Tabla 4. El *p*-valor de las pruebas de hipótesis de Wilcoxon aplicado en los cinco COCTS con un nivel de significación del 95 %, no es estadísticamente significativo.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos del IAG

COCTS N°:	N	IAG-		p-	d	r	% de éxitos
		pre	pos				
10113	6	-0,32	-0,32	0,917	-0,018	-0,009	0,50
90111	6	0,08	0,15	0,600	-0,288	-0,142	0,43
90121	6	-0,17	0,15	0,136	1,094	0,480	0,74
90811	6	0,08	0,11	0,750	-0,116	-0,057	0,47
90621	6	0,10	0,15	0,399	0,238	0,118	0,56

Fuente: elaboración propia.

Respecto al estadístico tamaño del efecto y en contraste con los índices de actitud global medio (IAG) que se presentan en la Figura 1, se observan mejoras cualitativas con porcentajes de éxitos mayor al punto de corte ($d > 0,30$) en las cuestiones referidas a los subtemas *Aproximación a las investigaciones* (90621), *Paradigmas y coherencia de conceptos* (90121), cuyo *d* de Cohen es positivo en el *postest*. En los demás subtemas el estadístico descripto resulta negativo. En la misma figura se encuentra que la idea de *Ciencia y Tecnología* (10113) no exhibe cambios ($IAG = -0,32$) y la cuestión 90111 referida a las *Observaciones* presenta una desmejora respecto al *pretest* ($IAG = -0,07$).

Los resultados reflejan una forma de concebir los procesos de enseñanza y aprendizaje que tienen como base la integración curricular de las TIC, centrada en la relación *cyt*. Las variaciones o no de los IAG y particularmente el tamaño del efecto, permiten conocer aquellos aspectos que el profesorado considera más relevantes para la enseñanza, caracterizando de esta manera la tendencia general del repertorio de modelos de conocimiento didáctico del contenido sobre *cyt*, identificados en la sección anterior mediante el ReCo.

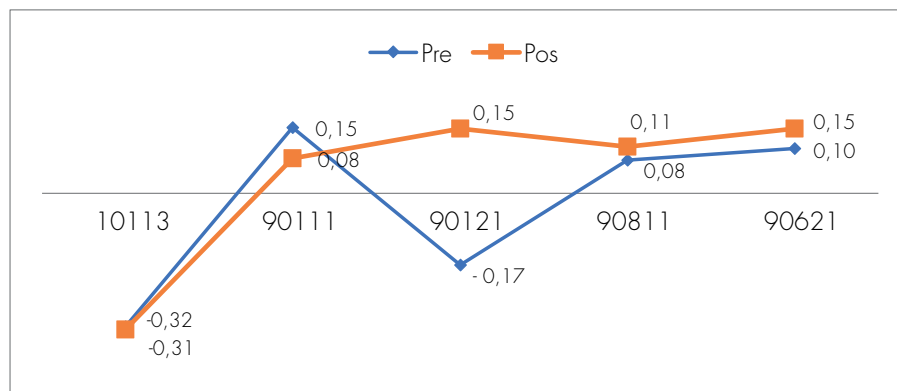


Figura 1. Índice de actitud global pretest y posttest

Fuente: elaboración propia.

Análisis interpretativo de cada subdimensión del COCTS

Relación cyT: los resultados no evidencian cambios antes y después de la formación didáctica. Además, se encuentra que el IAG es negativo (-0,32), confirmando la premisa de Lederman (2007), quien sostiene que el profesorado encuentra obstáculos para relacionar el conocimiento entre cyT, esta inconsistencia resulta una crítica relevante para el profesorado de Química y Física. La diferencia identificada en las concepciones de las personas participantes pone al descubierto los conflictos conceptuales de carácter incoherente que obstaculizan sus ideas y marcos organizativos sobre lo que es la ciencia y su relación con la tecnología, cuestión que incide en “las prácticas y enfoques establecidos para desarrollar el contenido de ciencias” (Koehler et al., 2015, p. 13). Esto incluiría un conocimiento inadecuado, poco profundo, pero necesario de ser desarrollado de manera explícita para promover una mejor comprensión de la compleja interacción cyT, de modo que permitiera promover la integración curricular de las TIC.

Observaciones: esta cuestión hace referencia a la carga teórica de la observación que determina la forma de comprender los diferentes fenómenos: conceptos, principios y procesos de la ciencia, representado en la interfaz gráfica del *software*. Como el resultado de este índice actitudinal desmejora, esto permite inferir que la selección de un recurso TIC para determinado contenido de ciencias, constituye un obstáculo, lo cual puede deberse a que el contenido de la interfaz gráfica del *software* posee un conjunto de propiedades que son representadas por medio de la simulación o modelización. Así, el *software* visibiliza algunos conceptos o ideas científicas y oculta otros, esta podría ser la razón por la que, desde el marco del contenido didáctico del profesorado, el mismo no posea claridad conceptual desde la enseñanza de las Ciencias; la carga conceptual visual del contenido en la interfaz del *software* probablemente provoque en el profesorado un conflicto entre el CT y el CD, cuestión que en términos del conocimiento epistemológico instala el conflicto en la diferencia entre teoría, modelo y realidad. La carga teórica de la observación exhibe, en el universo cognoscitivo de las personas que participan, formas diferentes de interpretar un mismo fenómeno.

Aproximación a las investigaciones: esta cuestión está referida a la idea errónea de que existe un “método científico”. Se encuentra que, a nivel global, la respuesta del grupo completo mejora entre el *pretest* y *posttest*, lo cual permite pensar que el profesorado encuentra en las TIC una mejor forma para enseñar ciencias, y su valor reside en comprender con mayor especificidad los usos de la tecnología en los procesos de construcción del conocimiento científico. La mejora en este índice permite admitir que el profesorado profundiza su comprensión al vivenciar (Forestello, 2005) la metodología de la investigación basada en los métodos heurísticos como las simulaciones utilizadas para el diseño de cada SEA; en ese sentido, las actuales simulaciones están fortaleciendo una nueva forma de explorar la naturaleza, constituyendo la misma un experimento virtual legítimo.

Razonamiento lógico: los índices para esta cuestión mejoran a nivel global como resultado de la producción realizada por el profesorado a través del diseño de cada SEA. Comprender el razonamiento lógico posibilita el enfoque disciplinar que cada FPS y PES presenta al momento de usar las TIC, aspecto observado en las subcategorías identificadas en el RECO; así, este índice permite conocer el pensamiento del profesorado focalizando en la concepción que le otorga al uso de las TIC en la disciplina. Es decir, estas concepciones implicarían hacer un uso instrumentalista/tecnocéntrico, o bien, realizar una integración curricular de las TIC fundamentado en una comprensión más adecuada de la NdCyT.

Paradigmas y coherencia de conceptos: esta cuestión indaga en las concepciones referidas a la coherencia de las ideas científicas y sus significados, fundamentadas en el conocimiento de sus respectivas disciplinas en relación con las TIC, como resultado de la IPO los IAG mejoran de manera significativa. Este índice, referido a las concepciones e interpretaciones acerca del uso de TIC, es lo que determina las decisiones acerca de cómo van a integrar las TIC en los procesos de enseñanza de la Ciencia. En este grupo de participantes, la integración curricular de las TIC admite cinco

modelos de conocimiento didáctico diferentes identificadas en las subcategorías del RECO; la coherencia de conceptos y paradigmas ha sido y es uno de los grandes temas en la filosofía y epistemología de la ciencia con fuertes repercusiones en los procesos de enseñanza, y constituye un criterio fundamental para establecer elementos generales para relacionar la enseñanza de las ciencias con las TIC.

Respecto a la idea de paradigma, entendida como una estructura coherente, estaría constituida por una red de conceptos, metodologías y teorías entrelazadas que permiten la selección, evaluación y crítica de temas. La estructura de conceptos es lo que lleva al profesorado a analizar el contenido de la interfaz gráfica del *software*, la cual se debe encontrar en sintonía con su idea de ciencia y, en consecuencia, con su visión de enseñanza de la cyT. En resumen, la consistencia que adquiera el criterio de coherencia es lo que condiciona al profesorado para identificar las conexiones entre la tecnología, la disciplina y la pedagogía (Koehler et al., 2015).

Conclusiones

El modelo de formación didáctica basado en el diseño de SEA y focalizadas en la IPO, dinamizan las representaciones semio-cognitivas del profesorado profundizando el CM en interacción con el CT.

La metodología de investigación mixta (COCTS y RECO) utilizada permitió conocer cómo influye el contenido de la interfaz gráfica del software en las concepciones del profesorado, favoreciendo determinados cambios y permanencias de diferente forma en las cinco *subdimensiones* y *subcategorías* del CM, fundamentado en la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT), y que deriva en las interacciones entre el CD y CT. Siendo estas interacciones el objetivo de la presente investigación.

Comprender su dinámica en el universo cognoscitivo representacional del profesorado constituye la base diferencial que orienta la integración curricular de las TIC en la enseñanza

de la Química y la Física de acuerdo con el tipo de *software* seleccionado para el diseño de cada SEA. De esta manera, la interacción entre el conocimiento de la CYT mediante el uso de las TIC, describen potenciales modelos de conocimientos didácticos (TECYT). Estos modelos emergen y se cristalizan configurando el CDC-TPACK del profesorado. La aplicación definitiva del modelo en las clases de ciencias con TIC estará determinado por los conocimientos acerca de la realidad del aula (CP) y su contexto (CC). Esto último permitirá adoptar el tipo de interfaz gráfica del *software* en función del conocimiento sobre la CYT que se busque promover en los estudiantes; es decir, la combinación del CM en relación con el CT, determina el tipo de *software* a utilizar, según qué se desee enseñar, donde este puede ser un conocimiento orientado más hacia la construcción del conocimiento científico, su funcionamiento y operación de tecnologías científicas o hacia el conocimiento tecnológico de tipo práctico como forma de retroalimentar el conocimiento de la ciencia. De esta manera, el profesorado desarrolla un *criterio de coherencia*, que resulta de la coalescencia de los modelos de conocimiento didáctico identificados para sus clases de ciencias. Además, se debe tener en cuenta que en la realidad del aula los modelos raramente se practican de forma coherente, siendo más común que el profesorado combine múltiples modelos didácticos. De esta manera, el repertorio de modelos de CDC y TPACK promovidos resulta de gran beneficio para que el profesorado logre la mejor integración curricular de las TIC, así como estrategia para la formación docente.

Agradecimientos

Proyecto EDU2015-64642-R (MINECO/FEDER); FI 04/1-208 (UNCO).

Referencias

- Acevedo, D. (2009). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de las ciencias (I): marco teórico. *Revista Eureka sobre la Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 21-46. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2009.v6.i1.02
- Almirón, M. E. y Porro, S. (2014). Las TIC en la enseñanza: un análisis de casos. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 16(2), 152-162.
- Candela, B. F. R. (2016). El diseño de la "reco": una estrategia para iniciar la identificación, la explicitación y el desarrollo del CPC de un tópico de la química de profesores en formación inicial. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 40, 65-87.
- Copello, L. M. I. y Sanmartí, N. (2001). Fundamentos de un modelo de formación permanente del profesorado de ciencias centrado en la reflexión dialógica sobre las concepciones y las prácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 269-283.
- Forestello, R. (2005, junio-julio). *Abriendo puertas. NTICS, Enseñanza y formación de docentes en el nivel superior* [Ponencia]. II Congreso Iberoamericano de Educación y Nuevas Tecnologías. Buenos Aires.
- Garritz, A. (2010). La enseñanza de la ciencia en una sociedad con incertidumbre y cambios acelerados. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 315-326
- Hernández, S. R., Fernández C. C. y Baptista, L. (2010). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.

- Koehler, M. J., Mishra, P. y Cain, W. (2015). ¿Qué son los saberes tecnológicos y pedagógicos del contenido (TPACK)? *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 10(6), 9-21.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, And Future. In S. K. Abell and N. G. Lederman (Eds.). *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831-879). Lawrence Erlbaum Associates.
- Loughran, J. J., Mulhall, P. y Berry, A. (2004). In Search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391. <https://doi.org/10.1002/tea.20007>
- Marchán, C. I. y Sanmartí, N. (2015). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Revista Educación Química*, 26, 267-274. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.06.001>
- Mora, W. M. P y Parga, D. L. L. (2008). El conocimiento didáctico del contenido en Química: integración de las tramas de contenido histórico-epistemológicas con las tramas de contexto-aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 24, 56-81.
- Pozo, J. I. (2013). *Aprendices y maestros: la psicología cognitiva del aprendizaje*. Alianza Editorial.
- Rodríguez, G. D. y Valdeoriola R. J. (2009). *Metodología de la Investigación*. Universidad de Oberta de Catalunya.
- Reyes, J. y Martínez, C. A. (2013). Conocimiento didáctico del contenido en la enseñanza del campo eléctrico. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 33, 37-60.
- Sanabria, T. I. A. y Callejas, R. M. M. (2012). Actitudes hacia las relaciones CTS: estudio con docentes universitarios de ciencias naturales. *Praxis & Saber*, 3(5), 103-125. <https://doi.org/10.19053/22160159.1130>
- Sánchez, I. J. (2003). Integración curricular de TIC, conceptos y modelos. *Revista Enfoques Educativos*, 5(1), 51-65.
- Sanmartí, N. P. (2002). *Didáctica de las Ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Síntesis.
- Scolari, C. (2004). *Hacer Clic. Hacia una sociosemiótica de las interacciones digitales*. Gedisa.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Sunkel, G. (2009). Los desafíos de las TIC para el cambio educativo. En R. Carneiro, J. Toscano y T. Díaz (Coords.). *Metas Educativas 2021* (pp. 29-44). OEI-Fundación Santillana.
- Vázquez, A. Á. y Manassero-Mas, M. A. (2013). *Cuestionario de opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS), Manual de uso*. Universidad de las Islas Baleares.
- Vázquez, A. Á., Manassero-Mas, M. A., Acevedo, D. J. A. y Acevedo, R. P. (2006, junio). *El modelo de respuesta múltiple aplicado a la evaluación de las actitudes sobre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (CTS)*. I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS-I, México.
- Zabalza, B. M. A. (2011). El *practicum* en la formación universitaria: estado de la cuestión. *Revista de Educación*, 354, 21-43.

Para citar este artículo:

Salica, M., Almirón, M. y Porro, S. (2020). Modelos de conocimiento didáctico del contenido científico y tecnológico en docentes de Química y Física. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 48, 127-141. <https://doi.org/10.17227/ted.num48-12384>