

# Enseñanza de la Física basada en modelos y modelización: un estudio de casos en escuela secundaria técnica

Teaching of Physics based on models and modeling: a case study in technical secondary school

Víctor Furci<sup>1,2\*</sup>, Agustín Adúriz-Bravo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CeFIEC - Universidad de Buenos Aires. UBA. Pabellón 3. Ciudad Universitaria. CABA. Argentina

<sup>2</sup> Departamento de Ciencia y Tecnología. UNIPE. Piedras 1080, CABA. Argentina .

\*E-mail: [victor.furci@unipe.edu.ar](mailto:victor.furci@unipe.edu.ar)

## Resumen

El presente trabajo se inscribe en la etapa final de desarrollo de una tesis doctoral, dentro de la línea de enseñanza de las ciencias basada en modelos y modelización y se focaliza en procesos de formación docente. Se propone caracterizar y analizar las conceptualizaciones sobre modelos y modelización de un grupo seleccionado de docentes de escuelas técnicas en ejercicio. Se trata de un estudio cualitativo de diez casos de profesores de ciencias y tecnología, que asistieron a un curso de formación docente continua, de un semestre de duración, en la Universidad Pedagógica Nacional en Argentina. Se analiza el proceso de elaboración de secuencias didácticas que incluyen el planteo de problemas abiertos y complejos y que requieren para su resolución del diseño, elaboración y construcción de modelos analógicos para la enseñanza contextualizada de contenidos de Física. Se espera que los resultados de la investigación puedan servir como insumo para el diseño de dispositivos de formación docente en física que incluyan aspectos del trabajo con modelos y modelización.

**Palabras clave:** Didáctica de la física; Enseñanza basada en modelos; Modelización; Formación docente; Educación secundaria.

## Abstract

This work is part of the final stage of development of a doctoral thesis, within the line of science teaching based on models and modeling and focuses on teacher training processes. It is proposed to characterize and analyze the conceptualizations about models and modeling of a selected group of practicing technical school teachers. This is a qualitative study of ten cases of science and technology teachers, who attended a continuous teacher training course, lasting one semester, at the National Pedagogical University in Argentina. The process of developing didactic sequences that include the formulation of open and complex problems and that require the design, elaboration and construction of analog models for the contextualized teaching of Physics contents for their resolution is analyzed. It is expected that the research results can serve as input for the design of teacher training devices in physics that include aspects of working with models and modeling.

**Keywords:** Physics teaching; Model-based teaching; Modeling; Teacher training; Secondary education.

## I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Este trabajo se inscribe en la etapa final de desarrollo de una tesis doctoral y se enmarca en el ámbito de la formación docente para la enseñanza de la física en Argentina. Considerando las numerosas problemáticas para la enseñanza de la física en la actualidad, identificadas en trabajos que analizan el tema (García Carmona, 2009; Caamaño, 2011), centramos nuestro interés en algunas de ellas: la necesidad de abordar problemas auténticos para la enseñanza de las ciencias; la importancia de atender a la diversidad de trayectorias formativas de los estudiantes; la compartimentalización y falta de sentido en la enseñanza percibida por los estudiantes; la desconexión entre los estilos de enseñanza

de los docentes y las finalidades formativas de la escuela secundaria; la necesidad de incorporar las tecnologías digitales al currículo de ciencias de una manera reflexiva, autónoma y crítica, como respuesta a las demandas de los proyectos o programas para la inclusión de tecnología en el sistema educativo. Enfrentar estas problemáticas requiere actualización y adecuación de la actividad docente en física y, por tanto, diseño de trayectorias fuertes de profesionalización.

La actividad docente ha sido estudiada en distintos aspectos vinculados a las tareas previas, simultáneas y posteriores al desarrollo de las clases, y también en diversas situaciones profesionales como la interacción con pares, la formación profesional, las actividades de extensión institucional o de investigación. También son variados los enfoques teórico-metodológicos adoptados para su estudio (Der Valk, T. A. V., & Broekman, H.)

Seleccionamos para este trabajo la profundización en una de las líneas de trabajo con fuerte tradición en la didáctica específica de las ciencias naturales, que consideramos un valioso aporte al desarrollo profesional docente, como es la de la enseñanza basada en los modelos y la modelización (Adúriz-Bravo, 2009, 2010). Se trata de producir conocimiento detallado sobre la forma en que el profesorado de ciencias en ejercicio planifica secuencias didácticas incluyendo el uso de modelos y la modelización que pueda ser utilizado, posteriormente, en el diseño de dispositivos de formación docente inicial y continua.

Por otra parte focalizamos en este trabajo un aspecto relevante y habitual de la actividad profesional docente en el sistema educativo argentino, como es el proceso de planificación entre pares. El espacio, e instrumentos didácticos ofrecidos en un curso de formación docente continua, en el que se abordan marcos teóricos adecuados al contexto local proponen a los docentes participantes, nos permite caracterizar y tipificar, desde una perspectiva de análisis metacognitiva (superadora de la perspectiva “proceso-producto”), los procesos de planificación didáctica basada en modelos y modelización. Buscamos realizar un aporte en la construcción de una tipología de propuestas didácticas “basadas en modelos” analizando cómo los docentes de ciencias planifican secuencias didácticas contextualizadas incorporando en ellas el trabajo con modelos y los procesos de modelización (Justi, 2006).

La tesis doctoral, en el cual se enmarca el presente trabajo, amplía las dimensiones de análisis, incluyendo descripciones y caracterizaciones sobre las configuraciones didácticas típicas (Litwin, 1997) que el profesorado construye en su trayectoria formativa y profesional, y los estilos de planificación que adopta (Camargo Uribe, A. ; 2013; Clot, Y. ; 2014; Cuéllar, L. A., Montenegro, E. M., y Hurtado, A. Z. P. 2018), las que, por razones de espacio, no son abordadas aquí.

## II. MARCO TEÓRICO

El trabajo se inscribe en la línea de investigación sobre *modelos y modelización en la enseñanza de las ciencias*, que parte de diversos estudios epistemológicos sobre el desarrollo del concepto de modelo científico (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2009; Adúriz-Bravo, 2013, 2019). Tomando como base estos trabajos, y considerando sus implicancias didácticas (Adúriz-Bravo, 2010), se propone adoptar un concepto de modelo científico que podemos denominar semántico, en el que las diversas formas de representación (imagen analógica, análogo concreto, ecuaciones, texto, grafos, etc.) sean igualmente válidas para la construcción de conocimiento científico escolar, en la medida en que permitan describir, explicar, predecir e intervenir en el mundo natural (en sistemas o procesos). También es importante considerar y analizar, en este punto, la posibilidad de transferir el conocimiento basado en modelos a otros contextos similares.

Esta concepción epistemológica con relación al concepto de modelo científico permitiría quitar supremacía al tratamiento matemático exhaustivo de los modelos físicos (tendencia que revela la influencia de la llamada “concepción heredada” de la epistemología) y abrir un espacio de gran riqueza para el desarrollo de la didáctica específica y de la enseñanza de la física en el ámbito escolar en sintonía con la idea teórica de actividad científica escolar (ACE) (Izquierdo, 2014), señalando la diferencia entre los objetivos que se persiguen con la enseñanza de las ciencias naturales, y de la física en particular, en el ámbito escolar, de los objetivos de formación especializada en ciencias, como por ejemplo en las Licenciaturas en Ciencias Físicas o las Ingenierías.

Numerosos aspectos de interés aporta esta línea de investigación para el análisis. El estudio de los distintos tipos de modelos, sus características y funciones permite considerar los ámbitos de aplicación (modelos de la ciencia erudita, del sentido común, y “modelos didácticos analógicos”). También interesa caracterizar los distintos tipos de representación usuales en las clases de ciencias: representaciones científicas, representaciones concretas, análogos concretos y modelos didácticos analógicos (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001; Perales, 2008; Raviolo, 2019). A ello se añade el foco de investigación sobre la dinámica de trabajo con modelos en clase, es decir, sobre el proceso de modelización. Justi (2006) propone la construcción de modelos científicos escolares estructurada en cuatro etapas bien definidas: la selección de aspectos relevantes de la porción de realidad que se desea modelizar, el diseño de la forma de representación, la puesta a prueba del modelo propuesto y, por último, su socialización en el grupo. La idea es recuperar y reformular los abordajes idiosincrásicos, en un proceso constructivo que involucra la metacognición, para

arribar a construcciones colectivas de aula que suponen una cierta condición de “reversibilidad” y aplicación a otros contextos. Algunos trabajos de referencia analizan diversas modalidades en el proceso de modelización (Adúriz-Bravo, 2019; Oliva, 2019).

Otro punto importante del trabajo con modelos en el aula es su vínculo con los aspectos narrativos y heurísticos del pensamiento científico, vinculados a ciertas habilidades cognitivas de orden superior, que no siempre son puestas en valor en las clases de ciencias. En particular, resulta de interés el estudio de las analogías, los símiles y las metáforas y su análisis como objetos del discurso científico, atendiendo a sus funciones, ventajas y riesgos (Linares, 2006).

Nos interesa especialmente vincular la enseñanza de la física basada en modelos con el trabajo con problemas abiertos y contextualizados (Couso y otros, 2008) que requieren, para su solución, del diseño e implementación de dispositivos experimentales y, en particular, aquellos que se pueden acompañar del uso de tecnologías digitales. Se enfatiza aquí que el establecimiento de las condiciones y requisitos de validez de la “solución” propuesta al problema bajo estudio es parte del proceso de construcción y confrontación de conocimientos de los estudiantes (en este caso, docentes compartiendo un espacio formativo). El proceso de modelización debería asegurar una respuesta genuina, autónoma y con alto grado de justificación y argumentación que permita, adicionalmente, establecer articulaciones significativas con otras disciplinas del currículo escolar.

### III. OBJETIVOS

Son objetivos del presente trabajo:

Identificar y caracterizar las concepciones y prácticas sobre el uso de modelos y modelización en el proceso de enseñanza de la física, de un grupo de docentes en ejercicio en la escuela secundaria técnica.

Producir insumos y recomendaciones para el diseño de dispositivos de formación docente situada que permitan mejorar la enseñanza de la física por medio del uso de modelos y modelización en el marco de la ciencia escolar.

### IV. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En relación con el planteo metodológico, se desarrolló un estudio cualitativo de casos, a lo largo de un semestre de actividad. El grupo estudiado se seleccionó de manera intencional; y estuvo conformado por 10 docentes en ejercicio en el área de ciencias y tecnología, que se desempeñan en una escuela secundaria técnica, que asistieron a un curso de perfeccionamiento docente en la Universidad Pedagógica Nacional de Argentina durante el año 2021. El curso se desarrolló durante cuatro meses, en 8 encuentros virtuales (realizados a través de la plataforma Google Meet) de 3 horas de duración cada uno, y la elaboración de propuestas didácticas con las características específicas: enseñanza de la física por medio del planteo de problemas abiertos que requieren solución experimental, uso de modelos y modelización. El curso se desarrolló en una serie de etapas, ya utilizadas en dispositivos previos: 1) Presentación de la propuesta; 2) Desarrollo de una secuencia modelo y exposición de insumos teóricos; 3) Elaboración de una secuencia original por parte de las y los docentes participantes; 4) Presentaciones en plenario e intercambios en coloquio; 5) Ajustes de la propuesta elaborada; 6) Presentaciones final en plenario e intercambios en coloquio.

En cuanto a los Instrumentos de recolección de datos, se consideraron tres fuentes principales: 1) Una entrevista inicial con cada docente de la muestra; 2) Las grabaciones de los encuentros de trabajo en el espacio de formación, tanto en los momentos de plenario, compartidos con los formadores, como en los de trabajo autónomo en pequeños grupos y 3) Las producciones de los docentes.

Una vez finalizada la recolección de datos, la transcripción de registros de video y audio y la sistematización de materiales producidos por los docentes, se procede al análisis de los mismos utilizando técnicas de análisis del discurso (De Longhi, 2012). También se utilizan instrumentos de organización y análisis de datos cualitativos (usados en estudios similares) que suelen agruparse bajo el nombre de análisis transeccional descriptivo (Cuéllar, 2018).

Con relación a las dimensiones, variables y categorías de análisis, se tomaron como referencia algunas dimensiones teóricas elegidas a priori, pero previendo un espacio para la emergencia de otras dimensiones de interés como resultado del trabajo de campo y de la profundización en los referentes teóricos seleccionados, de acuerdo a la técnica de “análisis del contenido” según la presenta Bardin (1996).

Se presenta en la siguiente tabla un resumen de las principales dimensiones, variables y categorías utilizadas. Para la organización de datos se asigna a cada dimensión y variable un código alfabético, que permite identificar las ocurrencias en cada segmento de discurso analizado, y así facilitar su análisis y posterior recuperación.

TABLA I. Matriz de análisis de datos, que incluye las principales dimensiones, variables y categorías seleccionadas.

CODIGO	Dimensión	Variable	Categorías
CM	Concepciones Docentes sobre modelos y modelización	Modelos	Difusa / Heredada (Teoría/Práctica) Semanticista (Experiencia/Modelo/Teoría)
		Modelización	Espontánea/ Planificada
TR	Tipo de Representaciones	Analógicas	Dibujo en lápiz y papel / Maquetas modelizadoras en material concreto / Prototipos en material concreto
		Digitales	Dibujo en sistemas digitales / Fotografía o video / Simuladores (cerrados y/o programables)/ Hojas de datos (data sheet)
FUM	Funciones que se asigna al modelo	Didácticas	Motivación / Articulación
		Cognitivas	Desarrollo “competencial” de HOCS / Progresión / Integración
USM	Uso del modelo	Expositivo (centrado en el profesor)	Previo o posterior al planteo del problema
		Constructivo (centrado en los estudiantes)	Espontáneo; Con aporte de referencias
HC	Habilidades Cognitivas	De orden inferior (LOCS)	Observar / describir/ ordenar/ jerarquizar / buscar información/ etc.
		De orden superior (HOCS)	Relacionar / Anticipar / Hipotetizar / Crear metáforas y analogías / elaborar preguntas / etc.
AS	Articulación de saberes	Disciplinar	Multidisciplinar / Interdisciplinar/ transdisciplinar
		Cultural	Intercultural / Intergeneracional / interseccional
ME	Modelos Escolares	Física, Química, Biología, Ciencias de la Tierra, Astronomía	Algunas de las principales ramas de cada disciplina.

## V. RESULTADOS

Se presentan en este apartado los principales resultados obtenidos del análisis de las piezas discursivas transcriptas. Se organiza la presentación de acuerdo a las principales dimensiones de análisis definidas anteriormente. Los segmentos tomados como ejemplo para cada aspecto analizado, se identifican y referencian del siguiente modo: (Pf, Tx, n) (Profesor n.º, Número de archivo de texto, Número de párrafo), Por ejemplo: (P1, T34, 66) indica : Profesor 1, Archivo de texto 34.

Con relación a las concepciones de los docentes sobre los modelos y modelización (CM), una primera caracterización que podemos realizar es que los docentes de la muestra no utilizan estas categorías conceptuales para describir o referirse a su acción didáctica de manera explícita, más allá de referencias básicas a las dicotomías entre “teoría y práctica” o “ciencia y tecnología”.

*Es la primera vez que escucho hablar de contextos, modelos y modelización (P15,T10,82 y 83); Seguramente lo habré escuchado en algún lado. (P8,T11,80)*

*Yo creo que... es este divorcio de la teoría con la práctica. (P14,T43,64)*

*Si, hay ese problema...división entre teoría y práctica. (P3, T20, 52)*

Sin embargo, los docentes de la muestra hacen referencia a la importancia de los conocimientos teóricos para explicar los fenómenos, anticipar los errores y diseñar intervenciones y artefactos. En este sentido se analizaron fragmentos discursivos en los cuales los docentes hacen referencia a los diversos tópicos a enseñar utilizando distintos términos (“contenidos”, “teorías”, “prácticas”, “técnicas”, “cuestiones”, “temas”) interpretando el significado de los mismos con relación al contexto discursivo. Dicho de otro modo, una primera cuestión hace referencia a ¿Qué aspectos de saber erudito, de las teorías, modelos o experiencias quiere enseñar? ¿Qué relación propone entre el saber y el ignorar? (Litwin, 1997). Varios docentes de la muestra señalan la importancia de introducir gradualmente elementos explicativos “científicos” o “teóricos” (que nosotros denominamos *modelos explicativos de ciencia escolar*), asociados fuertemente a problemas de la práctica en el taller básico, para luego avanzar hacia formulaciones teóricas más sofisticadas y matematizadas, en los años superiores de la formación. Estos modelos teóricos se vinculan al pensamiento

filosófico, al pensamiento crítico, y a formas de organizar el pensamiento (argumentar con buenos fundamentos, basados en datos), que van más allá de una materia o asignatura en particular.

*Que los chicos entiendan ¿por qué funciona la máquina?... que sepan química, física.. y que sepan que pueden ser ellos mismos que pueden crear sus propias cosas..., que puedan inventar e innovar. (P8, T11, 66)*

*Las materias específicas.. (de teoría)... aportan cierto pensamiento crítico a la cosa, que puede ser muy útil para lo que uno se quiera dedicar después. (P14,T43,24)*

*Además empieza lo filosófico, porque... cuando termina el oído interno y los impulsos eléctricos empieza lo que el cerebro interpreta como sonido, y ahí empieza la abstracción pura digamos. Ahí empieza... ¿Por qué escuchamos presión? ¿Por qué escuchamos electricidad? ¿Por qué escuchamos un líquido que hace así o hace así...? Lo que percibimos como sonido, ¿Por qué tenemos un rango auditivo, y otros animales otro? Ahí es donde por ahí uno puede tener el conocimiento, pero no la pedagogía de... yo puedo tener ese breve paréntesis de conocimiento de biología, o de física, pero no tengo la pedagogía de física. (P14,T43,60)*

También consideran la importancia de trabajar de manera relacionada y simultánea las cuestiones prácticas y teóricas, (el pensamiento “teórico” y el pensamiento “práctico”) de manera complementaria y articulada. ( P3, T20, 42,52,66,72,76,80),

*los técnicos no son nada sin la ciencia, y la ciencia no es nada sin el técnico. (P8, T11, 122)*

Consideran el taller básico como fuente de problemas, de experiencias, como primeras palabras y ejercicios de habla en el aprendizaje de un idioma. Exponen una visión de conjunto de toda la formación secundaria técnica, en la que las teorías más sofisticadas deben venir después, para perfeccionar esos conocimientos iniciales.

*Es casi como aprender un lenguaje, casi la lógica con la que uno va a primer grado teniendo tres o cuatro años de hablar. El ser humano empieza a hablar al año y medio, dos, tres cuatro, si quiere, pero aprende a leer a los seis, aprende por la letra A, cuando ya el muchacho, la muchacha, maneja unas cuantas oraciones, se comunica, sabe decir tengo hambre, lo que fuere...Quizás también un técnico, un técnico aprende a hacer el hormigón armado, o a levantar un muro quizás en primer año de construcciones y quizás el cálculo, la fuerza de todo ese muro, quizás lo haces en años.... Y quizás me pongo a pensar en morfología, deberíamos tener, algo más parecido a eso. Relajarnos, bah, confiar es que la teoría la van a terminar entendiendo. (P14,T43, 66)*

*Quizás como materia de primer año de la especialidad, no sentirse, tan con la carga de que tiene que responder a todas las preguntas. Sino al revés. Quizás que sea la materia que genere preguntas, no patearlas al del año que sigue, pero sí que... bueno... ir conociendo los diferentes efectos y formas de manipular..... pero que no sea tan grave que no conozcan la teoría de eso. Quizás ser más taller... me parece. (P14,T43, 68)*

Por otra parte, los docentes afirman que la “teoría” (modelos teóricos) permite a los estudiantes no solamente resolver problemas de la práctica, sino crear, diseñar e innovar. También hacen referencia a un sentido humanista, filosófico y solidario del saber teórico (modelo teórico) en la medida que permite resolver problemas concretos de cada distrito, de los vecinos y de la gente común, más allá de mejorar las condiciones laborales de cada egresado.

*Me parece que se puede mantener lo técnico y lo solidario en este enfoque ¿no? Pero creo que no sé, dependiendo de cada distrito, cada necesidad de cada vinculo, cada lugar, va a ser la formación que se les da a esas personas.”....” ...Y que estaría bueno que eso esté al alcance de todos. El otro día vi una película, la volví a ver, “el niño que domo el viento” ...Me encanta esa película. Y eso pienso que tiene que estar al alcance de todos. A veces uno no sabe el daño que puede generar por no enseñar, por ser ignorante, por no saber. (hace una pausa y se conmueve) (P8, T11, 114, 10, 132)*

Sintetizando los resultados sobre conceptualización de los modelos y la modelización, consideramos que la profundización epistemológica y didáctica de estos aspectos resulta adecuada y pertinente para el desarrollo de propuestas de formación docente técnico-profesional, cuyas prácticas se verían enriquecidas y robustecidas con la incorporación de estos elementos conceptuales y didácticos. El listado de modelos teóricos que emergieron durante el desarrollo del curso, señalada anteriormente, pueden ser considerados un insumo para el diseño de nuevas propuestas de formación docente técnico-profesional.

Con respecto a las distintas concepciones sobre el proceso de modelización (CM) y, considerando las alternativas que propone Oliva (2019), los docentes de la muestra hacen referencia, mayoritariamente, a una modelización *Instrumental*: *Es el docente especialista quien debe explicar los modelos que permiten entender cómo funcionan los dispositivos tecnológicos (P8,T11,62,66)*. También se encontraron referencias a la modelización como *estrategia didáctica*,

ya permite motivar e interesar a un grupo de estudiantes “...algunos estudiantes se interesan más por las explicaciones teóricas que por hacer las cosas...” (P3, T20, 76, 82)

Algunos docentes hacen referencia al sentido *competencial* de la modelización: el trabajo con modelos “permite desarrollar un sentido filosófico, hacerse preguntas, argumentar buenas explicaciones basadas en las observaciones y los hechos” (P14,T43, 72) . También señalan la necesidad de “manejar la progresión de modelos (cuidar el nivel de complejidad, avanzar o retroceder, freeze algunos conceptos y comparar distintos modelos explicativos”. (P15,T10, 79)

No hubo referencias a la modelización como práctica científica escolar, ni como forma de poner en consideración la naturaleza de la ciencia o su enfoque histórico.

Con relación al tipo de representaciones (TR) que utilizan los docentes de la muestra para el trabajo con modelos, durante el desarrollo del curso, fueron identificados, principalmente, los siguientes:

*El dibujo técnico a mano alzada, con lápiz y papel, para la elaboración de esquemas rotulados que intentan explicar el funcionamiento de dispositivos* (D04, I01,I02,I03,I04, I09)

*Dibujo digital, por medio de editores de imagen* (D03, I10)

*Elaboración de prototipos o maquetas, con materiales concretos (construcción de una parrilla, de una linterna, de un inversor, etc.).* (P3, T20, 72), I06,I07,I08

*Software multipista, ecualizadores (con gráficos), interfaces instrumento-PC.* (P14,T43, 74)

*Circuitos eléctricos y electrónicos, representando diversidad de dispositivos; Hojas de datos (data sheet) con tablas de datos y gráficas de comportamiento; Lenguajes de programación para el IDE Arduino*

Con relación al tipo de funciones que se asigna al modelo teórico utilizado (FUM), los docentes de la muestra señalan:

*La motivación para algunos de los estudiantes que “...“naturalmente” le interesan las explicaciones y teorías.* (P3, T20, 82)

*El trabajo con modelos permite o facilita el trabajo articulado entre distintos dominios del conocimiento: “..todos los técnicos necesitan “nociones” de esos conocimientos “teóricos” básicos (modelos teóricos) para aplicarlos a otros campos (como por ejemplo la programación).* (P3,T20, 76)

*Los conocimientos teóricos (modelos teóricos bien fundamentados) aportan cierto “pensamiento crítico”, cierta forma de organizar el pensamiento, que trascienden una materia en particular.* (P14,T43, 24, 39, 60)

*Los modelos teóricos facilitan el acceso al conocimiento de una disciplina, permiten una progresión, similar al aprendizaje de un lenguaje, imitar, hablar monosílabos, palabras sueltas, y luego aprender la teoría del habla, para describir, explicar (errores, para intervenir y mejorar). Pero aunque todos sepan hablar, leer y escribir no todos serán novelistas o escritores profesionales. De igual modo con cada ciencia y sus modelos explicativos.* (P14,T43, 72)

*Los modelos son útiles y necesarios para el técnico, se vinculan a la vida profesional futura del técnico. Hay que “tentar” a los estudiantes con algo interesante, vinculado a su vida profesional futura y con la realidad.* (P15,T10, 42)

*Los modelos teóricos permiten explicar por qué funcionan (o no funcionan) las cosas, anticiparte a errores, pero también para crear, inventar, diseñar e innovar, buscando soluciones a problemas concretos.* (P8, T11, 66 )

Sobre la forma de uso del modelo (USM), la mayoría de los docentes proponen un uso instrumental, presentado por el profesor especialista en forma expositiva, relacionada con algún problema práctico, técnico, adecuadamente contextualizado. Por ejemplo (P3, T20, 72, 74), vinculado al taller de soldadura y la forma en que se funden los materiales, o el taller de carpintería y propiedades de los materiales (compresión tensión, corte, etc.) (P8,T11,62,66) . También consideran al modelo teórico escolar como una progresión, con relación a las necesidades que plantea la práctica (resolver errores, problemas, mejorar la práctica). Por ejemplo con relación a la materia morfología sonora “al inicio es importante que tengan más práctica y menos teoría, y luego van creciendo las explicaciones” (P14, T43, 62, 66). Con relación a problemas y preguntas concretas uno de los docentes señala la importancia de “promover desequilibrios, según Piaget..” . Por ejemplo para explicar el funcionamiento de la fibra óptica, el docente propone “...jugar con distintos modelos” para intentar explicar el problema, desarrollar un (modelo explicativo) que propongan los chicos ... y luego mostrar que no es así... (P15, T10, 79, 81).



Como vemos, las formas de uso de los modelos teóricos, desde un punto de vista didáctico, resultan algo limitadas o espontáneas, si las comparamos con las propuestas de especialistas (Justi,2006) y muestran una vacancia de interés en la práctica docente, que debería ser parte de los dispositivos de formación docente técnico profesional.

Los docentes de la muestra expresan claramente que el trabajo con modelos permite trabajar con ciertas habilidades cognitivas priorizadas (HC), de orden superior, En numerosas oportunidades a lo largo del curso los docentes señalan la importancia de promover el desarrollo de habilidades cognitivas de alto nivel, "HOCS" en términos de Zoller (2004), vinculadas al "pensamiento crítico", "relacional" y "filosófico" (P14, T43, 24, 60), a "investigar", "descubrir", "entender" y "comprender" cómo funcionan las cosas, aunque para ello los estudiantes deban "sacrificar algunos artefactos". Como dice uno de los profesores: "el cachorro de técnico es el bicho más destructivo del planeta... al principio es romper y aprender..." (P15, T10, 101, 103).

También se señalan otras habilidades cognitivas de orden superior vinculadas al trabajo con modelos, en la medida en que permiten: "Plantear nuevas preguntas y problemas" (P15, T10, 77), "crear, inventar e innovar" (P8,T11, 62,66) y "dar un sentido solidario y útil al conocimiento... en la medida en que permite resolver problemas de los vecinos" (P8, T11, 114, 130)

Con relación a la Articulación de saberes involucrados (AS) que surgen del trabajo con modelos teóricos explicativos, en la mayoría de los casos se propone un abordaje multidisciplinar, coordinada y comandada por el "proyecto técnico" y los objetivos de producción de un objeto funcional y útil que, no siempre, se plantea como un problema abierto en el que participan los estudiantes. (P3, T20, 52, 54)

Por otra parte en algunos casos se propone un abordaje multi/interdisciplinar, partiendo de preguntas, genuinas, sobre los fenómenos en estudio, como problemas abiertos multidimensionales que convocan a saberes y especialistas de otras disciplinas de interés (biología, física, matemática, taller de madera, tecnología digital, música como arte) (P14,T43, 42, 44,45,50,56,58,60,62, 64)

Compartimos algunos segmentos donde los docentes se refieren al proceso de articulación de saberes:

*Nos falta interconexión con otros profes (en el almuerzo), deberíamos tener horas tipo TAIN (no jornadas que no sirven para nada!)... para poder articular con otros profes (P15,T10, 41, 43,45)*

*El problema de la articulación es la arrogancia de los profes, que nos creemos que lo nuestro es lo único, lo más importante... (P15, T10, 65)*

*También las condiciones laborales, frustrantes, que van generando mucha bronca... (69)*

*Trabajar con otros, coordinar, también te lleva a un compromiso, y tiene que ver con la voluntad que le ponés a la docencia, y es como una máquina, que cuando arranca, funciona sola! No es mas trabajo, es otra manera de trabajar, quizás al principio va a costar, pero cuando arranca la máquina, anda sola y es mejor! (P8, T11, 54)*

*También es importante que haya un diseño, un espacio físico, recursos disponibles para trabajar en proyectos, instalaciones, maquinaria, organizarlos en forma más eficiente. Quizás varios profes hacen proyectos y los pibes se sobrecargan, coordinar mejor. (P8, T11, 56)*

*y la gestión institucional del proyecto (58)*

En este marco conceptual es que fueron apareciendo, a lo largo del desarrollo del curso, referencias explícitas a Modelos Escolares (ME) , típicos de la física, la química o la biología, que los docentes conocen y consideran deben ser enseñados a los estudiantes, en sus contextos de aplicación. Se enumeran en la siguiente tabla:

**TABLA II.** Modelos escolares emergentes, abordados en desarrollo del curso.

Problema trabajado en el curso	Modelos Escolares abordados en el proceso
Análisis y diseño de viviendas con eficiencia térmica (T6, T7, T8)	Transmisión de energía térmica/calor (conducción, convección y radiación) Modelo de esfuerzo/resistencia de materiales (P14, T43, 66) Modelo corpuscular de la materia y procesos de cambio de estado Modelos para explicar la regulación térmica (niveles de confort térmico) de los seres humanos (o animales en general)
Análisis y diseño de Sistemas de iluminación (T29, T30)	Modelo atómico y corpuscular de la materia para explicar el efecto Joule Modelos de incandescencia, fluorescencia, electroluminiscencia (T30, 22) Modelo de generación, transmisión y recepción de ondas electromagnéticas Modelo óptico del funcionamiento de fibras ópticas y guías de ondas (P15, T10, 79, 81).

Problema trabajado en el curso	Modelos Escolares abordados en el proceso
Diseño de maquetas análogas de animales eléctricos (T17, T18, T19)	Modelo/ Teoría celular de los organismos vivos Modelo bioquímico de generación de potencial eléctrico celular Modelo atómico, con relación a la conducción eléctrica y circulación de corriente. Procesos de transducción entre distintos tipos de energía (mecánica/eléctrica) Procesos de conversión de Trabajo mecánico en energía La digestión animal, como proceso bioquímico (reactivos, catalizadores y productos)
Diseño de un instrumento musical escolar (P14, T43, 58, 60, 62)	Modelo de generación, transmisión y audición de sonidos (G1, T14) Modelos de transducción de sonidos (parlante/micrófono) (G1, T14) Modelos de componentes electrónicos para el procesamiento de señal (G1, T14) Modelos de percepción sonora (sentidos, sistema nervioso) (P14, T43)
Diseño de un sistema fotovoltaico de generación de energía eléctrica	Modelo atómico, con relación a la conducción eléctrica y circulación de corriente. (T15, T24) Modelos de transformadores analógicos/digitales (T15,T24) Modelo sobre irradiación solar en la superficie terrestre. Orbits. latitud. (G1,T24, 36) Modelo de optimización de la radiación solar a lo largo del año, y del día en una latitud. (T24)
Diseño de recomendaciones para el proceso de soldadura eléctrica (P8,T11,107,108)	Modelos de circulación de corriente eléctrica Circuitos eléctricos de corriente continua y alterna
Diseño de un sistema de reciclado de pilas eléctricas (P3,T20, 66)	Modelo de reacción química electrolítica Modelo de contaminación por lixiviados Modelo de mutación química en la reproducción celular

En términos generales, los resultados permiten identificar distintas concepciones de los docentes sobre modelos y modelización y numerosos ejemplos de uso habitual de modelos de distintas ramas de la física y de otras ciencias naturales, valorándose especialmente su aporte al abordaje de situaciones y problemas típicos que se presentan en la formación secundaria técnica, en acuerdo con las finalidades formativas de la especialidad. También resultan de interés las diversas formas de representación de modelos que utilizan los docentes en el proceso de planificación (dibujo técnico a mano alzada, con lápiz y papel, dibujo digital, por medio de editores de imagen, elaboración de prototipos o maquetas, con materiales concretos, software multipista, ecualizadores gráficos, interfaces instrumento-PC, esquemas, hojas de datos, entornos y lenguajes de programación, etc.). Por otra parte, se obtuvieron datos con respecto a las funciones que asigna cada docente al modelo teórico utilizado y a los procesos de modelización o formas de uso de modelos que consideran más adecuados. Nos enfocamos también en la articulación entre saberes de distintos campos y en el tipo de habilidades cognitivas que el uso de modelos pretende promover. Estos resultados resultan de gran interés como insumo para el diseño de propuestas de formación docente continua y como base para la identificación de configuraciones didácticas y estilos de planificación docente.

## VI. CONCLUSIONES

El trabajo permite valorizar la *enseñanza basada en modelos y modelización* como un elemento de alta potencialidad didáctica, en términos de riqueza conceptual y disponibilidad de herramientas metodológicas, para ser incorporada con mayor énfasis en los procesos de formación docente para la enseñanza de la física, en la medida en que puedan ponerse en diálogo los desarrollos académicos de la epistemología y la didáctica específica con las dificultades y problemáticas de la tarea profesional docente en los contextos de desempeño.

En este sentido, consideramos que la profundización epistemológica y didáctica de los marcos teóricos trabajados en la propuesta de formación estudiada, fue valorada positivamente por los docentes participantes. En particular, el trabajo con modelos y modelización, las orientaciones didácticas para su incorporación en prácticas de aula, así como sus vínculos con los sistemas de representación resultaron una vacancia de interés en la práctica de los docentes de la muestra y, en este sentido, es adecuada y pertinente para el desarrollo de propuestas de formación docente técnico-profesional, considerando que se ajusta a las formas de representar y describir el proceso formativo de los estudiantes, por parte de los docentes de la muestra, pero permitiría enriquecer y consolidar sus posicionamientos, fundamentos y prácticas de enseñanza.

Sin embargo, cabe mencionar que el trabajo sobre proyectos en esta particular línea didáctica no puede restringirse a un mero "acuerdo organizativo" entre distintas materias o áreas de formación, ya que supone la apropiación por quienes enseñan de marcos teóricos particulares, que abarcan de forma integrada tanto a la enseñanza como al aprendizaje, a la naturaleza de las prácticas socio científicas y a las demandas e implicancias de una Alfabetización



Científica y Tecnológica que resulte habilitante para la ciudadanía, considerando las tensiones propias de la participación en marcos políticos democráticos. En ese sentido, entendemos que la investigación realizada puede considerarse como una instancia que muestra sus potencialidades como dispositivo de formación situado.

El estudio (que incluye otras dimensiones generales no abordadas en este trabajo) permite concluir en la potencialidad de adecuación didáctica de las propuestas formativas que incluyen el abordaje de problemas abiertos que requieren para su resolución el desarrollo de modelos analógicos concretos, como articulador de prácticas de enseñanza en escuelas técnicas, ya que en ellas se favorece y se ponen en juego perfiles docentes y de estudiantes que son visualizados como propios: la inquietud por la resolución de problemas prácticos, autonomía e iniciativa y el trabajo en grupo desde distintos saberes profesionales, centrados en el hacer, y la integración de tecnologías. Este tipo de propuestas constituyen un articulador y facilitador en la construcción de los modelos teóricos, en particular de los campos disciplinares que se visualizan tradicionalmente como más afines a los saberes agrupados en la formación científico-tecnológica de las distintas especialidades técnicas. Así mismo, esto puede afirmarse a partir del análisis de los comentarios de los docentes participantes respecto de la propuesta del curso y de sus proyectos elaborados, en los que se integran distintos espacios curriculares.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Nacional de Educación Técnica (INET) por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo mediante el subsidio correspondiente al proyecto de investigación INET NRU 42 (4/2020 – 9/2021): "La potencialidad didáctica de propuestas de enseñanza contextualizadas de materias del área STEM centrada en la elaboración de modelos articulados sobre objetos tecnológicos. Estudio de casos como aporte para la formación inicial y continua de docentes". Programa FONITEP, línea de Acción PIR 2019. MEN. INET..

Se agradece especialmente a docentes investigadores organizadores de la V Escuela CONGRIDEC 2021: "Acercando distancias, compartiendo Saberes", realizada en formato virtual en Santiago del Estero, del 23 al 24 de Septiembre de 2021, cuyas orientaciones y aportes colaboraron sustancialmente en el desarrollo de este trabajo.

## REFERENCIAS

- Adúriz-Bravo, A. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 4(3), 40-49.
- Adúriz-Bravo, A. (2010). Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en modelos. *CiDd II Congreso Internacional de Didáctiques 2010*
- Adúriz-Bravo, A. (2013). A 'semantic' view of scientific models for science education. *Science & Education*, 22(7), 1593-1611.
- Adúriz-Bravo, A. (2019). Semantic views on models: an appraisal for science education. In *Towards a competence-based view on models and modeling in science education* (pp. 21-37). Springer, Cham.
- Alliaud, A. (2004). La experiencia escolar de maestros inexpertos. Biografías, trayectorias y práctica profesional. *Revista Iberoamericana de Educación*, 34(1), 1-11.
- Bardin, L. (1996). *Análisis de contenido* (Vol. 89). Akal.
- Caamaño, A. (2011) (coordinador). Sanmartí, N., Cañal, P., Aleixandre, M. P. J., Couso, D., Pintó, R., Ametller, J., ... & De Pro, A. (2011). *Didáctica de la física y la química* (Vol. 2). Barcelona, España: Grao.
- Camargo Uribe, A. (2013). Conferencistas versus conversadores. Estilos de enseñanza de profesores de ciencias y su relación con el estilo cognitivo. *Revista Colombiana de Educación*, (64), 273-307.
- Carlson, J., & Daehler, K. R. (2019). The Refined Consensus Model of pedagogical content knowledge in science education. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp.77–92). Singapore: Springer.

- Carreño Díaz, A. J. (2020). La naturaleza de la ciencia que se enseña desde la práctica reflexiva de los profesores de ciencias. Tesis doctoral. Repositorio Pedagógico. Universidad Pedagógica. Colombia
- Clot, Y. (2014). Géneros e estilos profissionais. *Laboreal*, 10(1).
- Couso, D., Izquierdo, M., y Rubilar, C. M. (2008). Capítulo 3: La resolución de problemas. En C. Merino Rubilar, A. Gómez Galindo y A. Adúriz-Bravo (Coords.). *Áreas y Estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Colección Formación en Investigación para Profesores. Volumen I*. Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals. (pp. 37-50).
- Cuéllar Fernández, L., Quintanilla Gatica, M., y Blancafort, A. M. (2010). La importancia de la historia de la química en la enseñanza escolar: análisis del pensamiento y elaboración de material didáctico de profesores en formación. *Ciência & Educação*, 16(2), 277-291.
- Cuéllar, L. A., Montenegro, E. M., y Hurtado, A. Z. P. (2018). Estilos de enseñanza y desarrollo de competencias investigativas en educación superior. *Inclusión & Desarrollo*, 5(2), 83-100.
- De Longhi, A. et al. (2012). La interacción discursiva en el aula de ciencias naturales. Un análisis didáctico a través de circuitos discursivos. *Revista Eureka sobre la enseñanza y divulgación de las ciencias*. 9(2), 198-195
- Der Valk, T. A. V., & Broekman, H. (1999). The lesson preparation method: A way of investigating pre-service teachers' pedagogical content knowledge. *European Journal of Teacher Education*, 22(1), 11-22.
- Eder, M. L. (2017). La enseñanza de la física en las clases universitarias. Las buenas prácticas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 2583-2588.
- Furci, V., Trinidad, O., Dicosmo, C., Peretti, L., y Ferrari, R. (2018). Actividades experimentales abiertas mediadas por tecnología Arduino™ como propuesta de formación docente en Física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 30, 83-89.
- Galagovsky, L. R., y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Ens. de las Cs.*, 19(2), 231-242
- García Carmona, A. (2009). Investigación en didáctica de la física: tendencias actuales e incidencia en la formación del profesorado. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(2), 369-375.
- Izquierdo, M. (2014). Los modelos teóricos en la "enseñanza de ciencias para todos"(ESO, nivel secundario). *Bio-grafía*, 7(13), 69-85.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 24(2), 173-184.
- Linares, R., y Izquierdo Aymerich, M. (2006). El rescate de la princesa encerrada en lo más alto de la más alta torre. *Revista Universidad Autónoma de Occidente*. Colombia
- Litwin, E. (1997). *Las configuraciones didácticas: una nueva agenda para la enseñanza superior*. Paidós.
- Marcelo, C. (2009). La evaluación del desarrollo profesional docente: de la cantidad a la calidad. *Revista brasileira de formação de professores*, 1(1), 43-70.
- Oliva Martínez, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 2019 37(2), 5-24.
- Pastré, P. (2011). La didáctica profesional. Un punto de vista sobre la formación y la profesionalización. *Competenza E Professionalità-Education Sciences & Società*, 1-10.
- Perales, F. J. (2008). La imagen en la enseñanza de las ciencias: algunos resultados de investigación en la Universidad de Granada, España. *Formación universitaria*, 1(4), 13-22.

Peretti, L., Furci, V., Trinidad, O. (2022). Algunas reflexiones filosófico-didácticas en torno a propuestas STEM como contexto de enseñanza de las ciencias naturales y su inclusión en los currículos. *Latin American Journal of Science Education Lat. Am. J. Sci. Educ.* 9, 12016.

Raviolo, A. (2019). Imágenes y enseñanza de la Química. Aportes de la Teoría cognitiva del aprendizaje multimedia. *Educación química*, 30(2), 114-128.

Rivarosa, A. S., Astudillo, C. S., Astudillo, M. I. (2013). Relatos de autor: aprendiendo sobre las prácticas de Educación Ambiental (Parte I), Federación Uruguaya de Magisterio, *Quehacer Educativo*, XXIII(121), 48-56

Rodriguez, J. M. G., & Towns, M. H. (2019). Alternative use for the refined consensus model of pedagogical content knowledge: suggestions for contextualizing chemistry education research. *Journal of Chemical Education*, 96(9), 1797-1803.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.

Uribe, A. C. (2013). Conferencistas versus conversadores. Estilos de enseñanza de profesores de ciencias y su relación con el estilo cognitivo. *Revista Colombiana de Educación*, (64), 273-307.

Zoppi, A. M. (2006). El planeamiento como portavoz de los ideales de la educación. *Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales*. Universidad Nacional de Jujuy, (30), 155-174.