

Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Escuela de Posgrado y Educación Continua



Tesis de maestría

Maestría en Didáctica de las Ciencias
Mención Matemática

**Los procesos reflexivos en la formación inicial del
Profesorado en Matemática: un estudio interpretativo
sobre modelos y modelización**

Estudiante: Prof. Juan Ferrante
Legajo 742/19

Director: Dr. Agustín Adúriz-Bravo
Co-directora: Dra. María Basilisa García

Diciembre 2023

Agradecimientos

Me gustaría agradecer a aquellas personas que han contribuido significativamente en el desarrollo y conclusión de esta tesis de maestría.

A mi director, Agustín, por su guía experta y compromiso. Sus indicaciones fueron esenciales para dar forma a este trabajo y llevarlo a su concreción.

A mi codirectora, Bachi, por su apoyo continuo, su paciencia y dedicación que me permitieron ir superando las múltiples dificultades y desafíos que conlleva un trabajo de tesis.

A mi compañera de vida, Flor, y a mi hijo, Luca, por el amor, por acompañarme en este desafío, por su apoyo emocional, por entender las ausencias y sostenerme en los momentos más intensos de esta aventura académica.

A mis padres, Ariadna y Javier, a mi hermano, Lucio, por siempre confiar en mí y por apoyarme incondicionalmente en cada proyecto que he realizado, siempre dándome fuerzas y ánimos.

A mis amigos y compañeros, José y Carolina, quienes me han brindado todo su apoyo. Gracias por sus consejos, sugerencias y aportes a lo largo de toda la investigación, haciendo que este camino sea más placentero y memorable.

A la querida Mercedes, quien confió en mí y me invitó a participar en el mundo de la investigación educativa.

Al grupo de investigación GIECmar, por permitirme compartir los avances de esta investigación, por escucharme y aconsejarme, siempre dispuestos a dar una ayuda en todo lo que fui necesitando a lo largo de esta investigación.

A Natalia por su acompañamiento constante y a todo el cuerpo docente de la Maestría en Didáctica de las Ciencias de la UNR, por su experticia y cordialidad, y porque cada uno de los seminarios cursados me abrió una nueva perspectiva en torno a la práctica educativa.

Gracias a todos y cada uno de ustedes.

Índice

Resumen.....	5
Capítulo 1. Presentación	6
1.1 Planteamiento del problema	6
1.2. Propósito de la tesis.....	9
1.3. Objetivos	11
Capítulo 2. Marco Referencial.....	13
2.1 Constructo teórico: Prácticas Reflexivas.....	13
2.1.1 En torno al concepto de reflexión.....	17
2.1.2 Prácticas Reflexivas en la formación inicial	20
2.2. Constructo Teórico: Modelos y Modelización.....	25
2.2.1 Acerca de la noción de modelo.....	27
2.2.2 Breve recorrido histórico de la noción de modelo	29
2.2.3 Implicaciones para la enseñanza de la matemática.....	33
2.2.4 La modelización en la enseñanza de la matemática.....	36
2.3 El Modelo Interconectado de Crecimiento Profesional Docente	42
Capítulo 3. Metodología	46
3.1 Descripción de los casos	46
3.2 Instrumentos de recolección de datos.....	47
3.3 Diseño de la Investigación	48
3.3.1 Fase 1: Durante el aprendizaje de contenidos teóricos de didáctica de la matemática y las ciencias naturales	50
3.3.2 Fase 2: Durante la introducción a la práctica profesional	52
3.4. Recolección y Análisis de datos.....	53
3.4.1 Recolección de datos.....	53
3.4.2 Análisis de datos.....	53
3.4.3 Categorías de análisis	54
3.4.4 Adaptación del IMPTG.....	55
3.4.5 Identificación de promulgaciones y reflexiones.....	55
3.4.6 Identificación de las dimensiones del conocimiento profesional docente	57
Capítulo 4. Resultados y discusión	59

4.1 Caracterización de los cambios en el conocimiento profesional docente relacionados con el uso de modelos	59
4.1.1 Durante la Fase 1	60
4.1.2 Durante la Fase 2	67
4.2 Caracterización de los cambios en el conocimiento profesional docente relacionados con la actividad de modelización	69
4.2.1 Durante la Fase 1	69
4.2.2 Durante la Fase 2	73
4.3 Caracterización de otros cambios producidos en el conocimiento profesional docente durante la propuesta de formación	77
4.3.1 Autopercepción docente	79
4.3.2 Conocimiento sobre el aprendizaje y los estudiantes	83
4.3.3 Dispositivos discursivos	87
4.3.4 Tipos de recursos	90
4.3.5 Gestión de la clase	94
4.3.6 Modelos de enseñanza.....	95
Capítulo 5. Conclusión	98
Consideraciones finales	103
Bibliografía	106
Anexo 1	124
Anexo 2.....	144

Resumen

En este trabajo de tesis se estudió cómo se expresan las dinámicas de cambio en el conocimiento profesional docente sobre modelos y modelización, en docentes en formación del Profesorado en Matemática, a partir de la implementación de una propuesta de formación mediada por prácticas reflexivas. La investigación se realizó desde un enfoque cualitativo pues, atendiendo a las particularidades de este trabajo, resultó pertinente recurrir a un tipo de indagación interpretativa y reflexiva. Esta abarcó el tramo formativo correspondiente a dos asignaturas de la carrera de Profesorado en Matemática de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Mar del Plata, las que se cursan previamente a la residencia docente: Didáctica de la Matemática y Prácticas Docentes 1 de Matemática. En este sentido, la investigación buscó comprender en profundidad la construcción del conocimiento profesional docente sobre modelos y modelización desde la perspectiva de las dos participantes seleccionadas para este estudio. Por esta razón, durante el tramo formativo contexto de esta tesis, se implementó la escritura de un diario de clase, entre otros dispositivos de aprendizaje. De este modo se propició que las participantes fueran construyendo su conocimiento profesional sobre la base de explicitar sus propias concepciones, poniéndolas en diálogo permanente con los nuevos conocimientos que les iba proporcionando la carrera, las secuencias didácticas que fueron diseñando para el aula y la experiencia de la práctica. Del análisis minucioso de las reflexiones de las participantes bajo estudio, realizado bajo la lente del Modelo Interconectado de Crecimiento Profesional Docente, se destacan algunos resultados que evidenciaron cambios en el conocimiento profesional docente, lo que resulta auspicioso para la consecución de este tipo de experiencias formativas, tanto en el último tramo del profesorado como durante toda la formación inicial. Con esta investigación se espera realizar un aporte tanto al campo de investigación en modelos y modelización en la enseñanza de las ciencias exactas y naturales, como así también contribuir a la mejora del conocimiento profesional de los docentes en formación en matemática, en torno a estos tópicos.

Capítulo 1. Presentación

1.1 Planteamiento del problema

Diversas investigaciones del campo de la didáctica de las ciencias y las matemáticas (por ejemplo: Blomhøj, 2004; Chamizo, 2006; Marguet *et al.*, 2007; Chamizo, 2010; Justi *et al.*, 2011; Aduriz-Bravo, 2012; Aduriz-Bravo, 2013; Villarreal, 2019; Esteley & Cruz, 2021) han mostrado la centralidad de los modelos científicos en todos los niveles educativos. Son varios los trabajos que han evidenciado que los estudiantes, al modelizar, desarrollan una serie de habilidades importantes, tales como las de seleccionar e integrar conocimientos previos e informaciones adecuadas para la elaboración de explicaciones; comunicar ideas teóricas con corrección y pertinencia; interpretar, cuestionar y criticar modelos, considerando su validez dentro de determinados contextos; comprender las convenciones de representación para todos los modos de representación; expresar un modelo determinado en diferentes modos de representación. En este sentido, existe consenso en “formar al profesorado de ciencias y alentarlos a usar apropiadamente los modelos en sus aulas” (Oh y Oh, 2011, p.1109, la traducción es mía).

En el caso particular de la matemática, se ha afirmado que la modelización constituye una herramienta que habilita un aprendizaje escolar significativo e integral, entre otras cosas porque permite establecer relaciones entre esta disciplina y las ciencias naturales (Rodríguez, 2010; Cuenca *et al.*, 2018). A esto parecen referir los diseños curriculares de la Provincia de Buenos Aires para Matemática en el nivel superior, cuando proponen que la lectoescritura en el ámbito de la matemática se oriente al análisis de “cómo se utilizan los modelos matemáticos para describir y predecir fenómenos de las ciencias naturales o sociales, los procesos tecnológicos o las expresiones artísticas” (Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires, 2010, p. 29).

Pero, si bien desde lo declarativo se reconoce la importancia del uso de modelos en mucha documentación educativa, luego esto no se ve volcado, con tanta frecuencia como debería, en propuestas concretas de tratamiento curricular. Por ejemplo, en los objetivos propuestos en los diseños

mencionados se habla de “identificar modelizaciones de situaciones que se presenten en diferentes campos” (Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires, 2010, p. 11), pero luego no se hace referencia a actividades concretas de modelización en el aula. Al respecto, a pesar de que se ha demostrado ampliamente la relevancia tanto del uso explícito de modelos científicos como de la competencia de modelización, ambas cuestiones siguen bastante ausentes de las aulas de primaria y secundaria, ya que los docentes no suelen hacer referencia a ellas, ni utilizarlas a la hora de enseñar a interpretar fenómenos (Godoy, 2018).

Dentro de las diversas razones que explican esta situación se considerarán, para esta investigación, las que a continuación se detallan. Por un lado, si bien existe hoy en día una línea de investigación muy potente en torno a los modelos y la modelización en la enseñanza de las ciencias (Maia & Justi, 2009; Gilbert et al., 2010) que han abordado el desarrollo de habilidades o competencias en estudiantes que se encuentran implicados en unidades didácticas *basadas en el uso sistemático y regulado de modelos* (proceso que aquí se va a caracterizar como modelización), esta está mucho más desarrollada para el caso de las ciencias naturales que para la matemática. Por el otro, algo que se tuvo en cuenta particularmente a la hora de plantear esta investigación, y que sin dudas podría tener una incidencia importante en la transformación de las prácticas de aula, es la formación inicial del profesorado en estos temas. En efecto, parece ser el caso de que existen muy pocos espacios donde se sostiene una dialéctica entre teoría y práctica, mediada por la reflexión, en torno a temas que involucren modelos y modelización. Si consideramos las propuestas de formación inicial de profesores en matemática en el ámbito universitario, se observa que, si bien el tópico de modelos y modelización suele estar presente como contenido a enseñar, su tratamiento en las aulas no viene acompañado de la puesta en marcha de unos procesos reflexivos que involucren escenarios de práctica. Así, la sola exposición de contenido didáctico “duro” sobre modelos y modelización probablemente no habilita a los docentes en formación a incorporar eficazmente el uso de modelos y la implementación de actividades de modelización en su desempeño profesional.

Se sabe que los conocimientos que declaran poseer los profesores en formación revelan de alguna manera una *teoría de acción* que idealmente debería explicar y guiar su comportamiento (Argyris & Schön, 1978, en Sulbarán, 2001). Estas teorías, sin embargo, muchas veces están en línea con las creencias que mantiene el profesorado, de carácter más intuitivo, que sí se reflejan en las acciones docentes (García, 2009; Ferrante *et al.*, 2021). Es decir, esa no sería en realidad la teoría que rige el desempeño profesional puesto que un observador podría detectar en un momento dado otro tipo de acciones concretas (teoría en uso) que podrían o no coincidir con la teoría explícita (Argyris y Schön, 1978, en Sulbarán, 2001). En función de esto, el hecho de que los docentes no incorporen explícitamente los aprendizajes vinculados a la enseñanza de modelos y modelización, como consecuencia del tratamiento escaso del tema en su formación, puede explicar parte del problema planteado, es decir, la ausencia de estos temas en las aulas.

Esto puede deberse a que, a lo largo de la formación, suele producirse una incorporación acrítica de los saberes disciplinares, una escisión entre la teoría y la práctica, las que podrían integrarse mediante una práctica reflexiva (Rodríguez Pech & Alamilla Morejón, 2018). Con relación a lo antes mencionado, se entiende que la práctica reflexiva alude a un saber que se construye a partir de la experiencia, mediada por una reflexión en y sobre la acción (Schön, 1992), saber que genera nuevo conocimiento práctico capaz de modificar el repertorio del docente, de generar aprendizaje profesional y mejorar con ello la práctica.

Cabe señalar que, en tanto el propio concepto de modelización se orienta más hacia un saber hacer, en términos de habilidades, que a una noción teórica, el docente en formación debe implicarse tempranamente en este tema, mediante un trabajo reflexivo guiado, que lo lleve a indagar sobre sus propias concepciones y conocimientos en torno al mencionado tópico. En palabras de Villarreal:

La implementación de actividades de modelización y el uso de tecnologías proporcionan aportes significativos para la formación inicial por muchas razones: pueden potenciar el aprendizaje de los estudiantes, pueden contribuir a una educación inclusiva y pueden hacer

que los futuros profesores sean sensibles hacia diferentes maneras de dar sentido a la matemática (Villarreal, 2019, p.8).

Por lo tanto, las propuestas curriculares y las experiencias de aprendizaje a lo largo de la formación docente inicial deberían promover el desarrollo sostenido de una práctica reflexiva, capaz de fortalecer el pensamiento lógico y creativo, instancia en la que el uso de modelos y la actividad de modelización podrían jugar un papel fundamental. Entonces, y en términos generales durante el desarrollo de esta investigación, se busca propiciar, desde la reflexión, relaciones e interacciones semicontroladas, la elaboración de modelos figurativos que puedan ser transferibles a nuevos contextos. Por lo tanto, el desafío consiste en seleccionar actividades docentes y tareas de aprendizaje que estimulen la reflexión, el cuestionamiento y el análisis, entre otras posibilidades, para activar estos procesos y capacidades a la vez. En esta línea de trabajo, la modelización no es un proceso lineal, sino que es dialéctico, y es precisamente la reflexión sobre el modelo lo que conduce a su redefinición (cf. Gilbert & Justi, 2016).

Cabe señalar que promover la integración entre las prácticas de modelización propias de las ciencias y las que se realizan en diversos ámbitos educativos, supone apartarse de la lógica tradicional de aprender como una rutina de pasos a seguir (Acher, 2014). Por el contrario, el autor plantea que a lo largo de toda la formación escolar se debe ir generando una cultura en el aula en la que los estudiantes reconstruyan, usen, revisen y evalúen modelos, facilitando una práctica de modelización reflexiva tendiente a implementar criterios epistemológicos acerca de los modelos mientras se los va desarrollando.

1.2. Propósito de la tesis

Con relación a las consideraciones previas, la presente tesis busca responder al siguiente interrogante: ¿cómo se expresan las dinámicas de cambio en el conocimiento profesional docente sobre modelos y modelización, en docentes en formación del Profesorado en Matemática, promovidas a partir de prácticas reflexivas?

Esta investigación se ubica en la instancia correspondiente a la formación inicial del profesorado, etapa encaminada a favorecer y desarrollar las

capacidades, disposiciones y actitudes de los docentes en formación con el fin de prepararlos para una realización eficaz de su tarea de aula (Davini, 2015) con proyección a la etapa de la formación continua. Se concibe la formación inicial del profesorado como una instancia dotada de una potencialidad significativa para promover el desarrollo profesional docente (Ruffinelli, 2017). No obstante, el abordaje sobre el desarrollo de dicho conocimiento no debería entenderse como un trayecto inicial “autosuficiente”, sino como el momento en que se fijan las bases para el desarrollo, pues es aquí donde los docentes en formación incorporan las disposiciones y destrezas necesarias para su ejercicio docente, de manera tal que puedan perfeccionarlo con el transcurso del tiempo comprometiéndose con su propio desarrollo profesional.

En particular se realizó un estudio que abarcó el tramo formativo correspondiente a dos asignaturas de la carrera de Profesorado en Matemática de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Mar del Plata, las que se cursan previamente a la residencia docente: Didáctica de la Matemática y Prácticas Docentes 1 de Matemática (Figura 1.1). En ambas asignaturas se trabaja con estrategias que buscan formar un profesional que disponga de una actitud reflexiva que le permita diseñar situaciones de aprendizaje significativo y aprender desde su práctica.

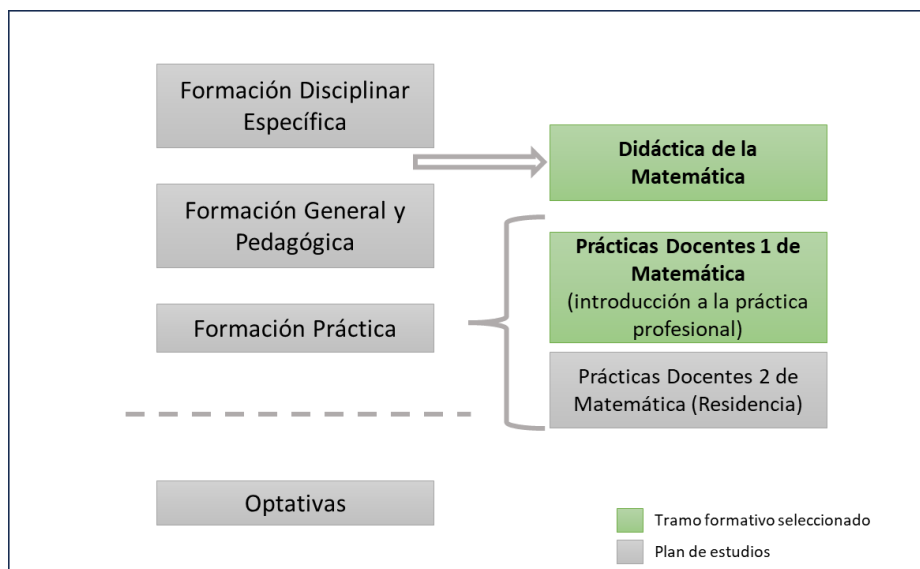


Figura 1.1. Ubicación del tramo formativo considerado, dentro del plan de estudios del Profesorado en Matemática de la Universidad Nacional de Mar del Plata (<https://exactas.mdp.edu.ar/estudiantes/profesorado-en-matematica/profesorado-en-matematica-plan-de-estudios/>). Fuente: elaboración propia.

A saber, la asignatura Didáctica de la Matemática es la primera de la formación pedagógica que pone a los futuros profesores en el papel de diseñadores y selectores de métodos y estrategias de enseñanza, por lo cual es importante que los estudiantes experimenten, en su propio proceso de aprendizaje, los métodos relacionados con modelos constructivistas de enseñanza.

En cuanto a la asignatura Prácticas Docentes I de Matemática, esta pertenece al área curricular “Enseñanza de la Matemática” del Plan de Estudios del Profesorado en Matemática y constituye la introducción a la práctica profesional. Durante esta asignatura los docentes en formación desarrollan actividades en las que teoría y práctica son mutuamente constitutivas e interactúan entre sí y se concretan principalmente mediante experiencias docentes implementadas en el contexto universitario.

Para finalizar, con esta investigación se espera realizar un aporte tanto al campo de investigación en modelos y modelización en la enseñanza de las ciencias exactas y naturales, como así también contribuir a la mejora del conocimiento profesional de los docentes en formación en matemática, en torno a estos tópicos.

1.3. Objetivos

Objetivo General: Estudiar las dinámicas de cambio en el conocimiento profesional sobre modelos y modelización, en docentes en formación del Profesorado en Matemática de la Universidad Nacional de Mar del Plata, promovidas a partir de la implementación de una propuesta de formación docente mediada por prácticas reflexivas.

Objetivos específicos:

1. Describir los cambios en el conocimiento profesional de los docentes en formación relacionado con el uso de modelos en la enseñanza, que se evidencian a partir de sus reflexiones, a medida que transitan el tramo formativo previo a la residencia docente.
2. Describir los cambios en el conocimiento profesional de los docentes en formación relacionado con la actividad de modelización en la enseñanza,

que se evidencian a partir de sus reflexiones, a medida que transitan el tramo formativo previo a la residencia docente.

3. Explorar otros cambios en el conocimiento profesional de los docentes en formación, que acompañan a los producidos en torno al uso de modelos y a la actividad de modelización en la enseñanza.

Capítulo 2. Marco Referencial

En el presente capítulo se desarrolla la perspectiva teórico-metodológica que orienta el presente trabajo de tesis, la que se estructura en tres componentes. Por un lado, un conjunto de constructos teóricos correspondientes a la relevancia de las *prácticas reflexivas* en la formación inicial del profesorado, en pos de promover cambios en el desarrollo del *conocimiento profesional docente*. Por el otro, un constructo en torno a *modelos y modelización* en la enseñanza de las ciencias, a partir del cual se diseñó e implementó una propuesta de formación desde una perspectiva reflexiva, en los espacios curriculares correspondientes a Didáctica de la Matemática y Prácticas Docentes 1 de Matemática. Por último, un marco teórico-metodológico específico conocido como Modelo Interconectado de Crecimiento Profesional Docente (IMTPG, por sus siglas en inglés), que consiste en un heurístico desde el cual se pueden guiar e interpretar las reflexiones de los docentes, para analizar y comprender el crecimiento del conocimiento de los docentes en formación en el contexto de este proyecto.

En los siguientes apartados se presentan y describen cada uno de ellos.

2.1 Constructo teórico: Prácticas Reflexivas

El desafío de formar docentes y promover su desarrollo profesional implica atender a procesos complejos, que involucran no solo cuestiones disciplinares, sino también aspectos ideológicos, educativos, contextuales, epistemológicos, curriculares y emocionales. Según Marcelo y Vaillant (2009) y Perrenoud (2011), entre otros investigadores, poner en juego estos procesos requiere formar profesores en ambientes de aprendizaje que favorezcan la reflexión sobre sus propias concepciones y prácticas. En función de esto, el desarrollo de prácticas reflexivas que formen profesionales capaces de investigar su enseñanza, y pensar críticamente sobre su trabajo (Doyle, 1990), se vuelve una dimensión central en la formación docente, particularmente en el desarrollo de su conocimiento profesional.

En términos generales, se puede considerar a las prácticas reflexivas como un modelo formativo, que además de ahondar “en el conocimiento de la materia, la didáctica y la pedagogía, pretende también que el profesorado sea capaz de

auto formarse al convertir la reflexión en y sobre la práctica en un hábito consciente que se integra en la actividad diaria” (Domingo Roget & Gómez Serés, 2014, p. 90). A su vez, distintas investigaciones demuestran que la práctica reflexiva resulta fundamental para promover docentes más autónomos y mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje (Perrenoud, 2011; Domingo Roget & Gómez Serés, 2014; Anijovich & Cappelletti, 2014; Souto, 2017; Rufinelli, 2017; Cerecero Medina, 2018). Asimismo, es posible corroborar que esta temática está cada vez más presente en la formación docente inicial, así como también en congresos, jornadas, y otros espacios de capacitación, que buscan problematizar las formas de construcción del conocimiento propias de la práctica reflexiva en distintos ámbitos educativos. Dicha temática atraviesa una selección de trabajos de investigación (Anexo 1, Tabla A1) de los últimos cinco años, radicados en Latinoamérica los que, por un lado ponen el foco en los docentes formadores para describir distintas experiencias de investigación-acción las que, o bien involucran a profesores que investigan sobre la reflexión en y sobre sus propias prácticas de enseñanza, mientras enseñan a futuros docentes a investigar sobre sus propias prácticas (Zanotti & Sgaramella, 2019) o bien estudian el desarrollo de la competencia reflexiva en la formación de formadores del Profesorado en Matemática (Seckel & Font, 2020). Otros trabajos se centran en los futuros docentes para proponer un modelo pedagógico durante la formación docente inicial con foco en el desarrollo de la reflexión como competencia (Ponce Díaz & Camus Galleguillos, 2019) o para describir las tendencias de los estudios empíricos sobre la práctica reflexiva en la formación inicial docente en Iberoamérica (Huamán Cacha, 2021); además, algunos muestran avances a partir de propuestas dirigidas a promover la práctica reflexiva como un procedimiento de formación en futuros docentes universitarios (Cancio & López López, 2021) y de carreras vinculadas a las Ciencias Naturales (Gimenez, 2021) y a la matemática (Hernández Sánchez *et al.*, 2020; Bonilla Solano & Escolá, 2023). Por último, dos de los trabajos se detienen en la necesidad de afinar y poner a prueba distintos instrumentos que permitan realizar el seguimiento y evaluación del desarrollo profesional durante la formación inicial (White, 2020; Cutrera & García, 2021).

Con relación a los resultados, se advierte, en los trabajos antes mencionados, coincidencias acerca de la provisionalidad de los avances obtenidos, la importancia de la sostenibilidad en el tiempo de este tipo de experiencias, con atravesamiento en todos los niveles educativos y la necesidad de ampliar el campo de investigación a fin de sustentar su continuidad con miras al desarrollo de estrategias de enseñanza para promover la reflexión hacia niveles más avanzados de reflexibilidad. A la vez, también mencionan cuáles son los recursos que mostraron efectividad (portafolios digitales, diarios de clase, narrativas autobiográficas, entre otros) y muestran la puesta a prueba de posibles modelos de evaluación de las experiencias.

En cuanto al conocimiento profesional docente, este puede entenderse, en sentido amplio, como “un saber plural, formado por una amalgama, más o menos coherente, de saberes procedentes de la formación profesional y disciplinar, curricular y experiencial” (Tardif, 2004, p. 29) junto con los valores, emociones y la cultura personal de cada profesor. En este sentido, Méndez Méndez *et al.* (2019) sostienen que toda acción educativa está impregnada por creencias y decisiones ajustadas a lo que un docente ha recordado, vivido o planificado en cualquier momento de su formación y/o durante su experiencia profesional.

En el caso particular de este trabajo de tesis, se considera como conocimiento profesional docente al conjunto de saberes que han atravesado un proceso de reflexión. Esto obedece a que los saberes de la enseñanza probablemente se originan, de manera implícita, a partir de la participación en contextos de práctica situada, tanto en el tramo de la formación inicial como en el desempeño profesional, por lo que resulta necesaria la reflexión en torno a las ideas y creencias acerca del aprendizaje y la enseñanza. Se ha documentado que en numerosas ocasiones estas creencias no conscientes constituyen una especie de barrera para los cambios requeridos (Chocarro *et al.*, 2007). Además, es necesario que los docentes en formación reflexionen, porque esta es una de las competencias transversales que deben poner en juego para adaptarse a las necesidades del contexto educativo.

En línea con lo anterior, el conocimiento profesional docente resultaría de la yuxtaposición y reconstrucción, por medio de la reflexión, de dos tipos de saberes:

- Saberes para la enseñanza: consisten en un repertorio de saberes y habilidades personales que posee un docente o futuro docente y que han sido adquiridos en contextos formales de aprendizaje (saberes académicos), para los cuales medió una sistematización y la guía de un profesional ya formado. Contemplan las experiencias estructuradas, sistematizadas y con una alta intencionalidad educativa que se dan durante las distintas asignaturas cursadas durante su formación docente (Bruccini, 2021). En palabras de Perrenoud (2011), constituyen los saberes de referencia, que desbordan a los saberes a enseñar en su transposición ya que “involucran otros saberes, que provienen de la didáctica, pero también de la psicología, de la sociología y de otras ciencias humanas” (p. 28).
- Saberes sobre la enseñanza: consisten en un repertorio de saberes y habilidades que se ponen en juego al responder a una situación educativa particular. Estos saberes se conforman tanto del repertorio de conocimientos académicos que recupera y promulga un docente o futuro docente para enseñar un tema específico en un contexto particular (Carlson & Daehler, 2019), como de otros saberes adquiridos en contextos no formales, fruto de las experiencias de cada profesor. Estos últimos saberes “no están sistematizados en doctrinas y teorías” (Tardif, 2004, p. 37), son artesanales, no-teóricos e idiosincrásicos (Kennedy, 2002).

A su vez, estos dos tipos de saberes se encuentran atravesados por las creencias y por una dimensión ética e ideológica de fuerte carácter idiosincrático y contextual. Asumir esta conformación del conocimiento profesional docente supone reconocer las complejas articulaciones entre contexto, pensamiento, acción e intereses (Sanjurjo, 2009), entendiendo que “cuando hablamos de conocimiento profesional, hacemos referencia a algo más que la competencia técnica. Nos referimos a la formación teórica, conceptual, filosófica, cultural y política” (p. 10).

En síntesis, a partir de entender al conocimiento profesional docente como un saber que emerge de los saberes para la enseñanza y los saberes sobre la enseñanza que cada docente tiene, pero que se integran y redesciben por medio de prácticas reflexivas dándole características propias (Montero, 2001; Tardif, 2004; Porlán *et al.*, 2010; Méndez Méndez, *et al.*, 2019), en el presente capítulo se desarrolla el concepto de prácticas reflexivas. De manera específica se presenta el constructo reflexión y las principales formas de entenderlo, para luego abordar las prácticas reflexivas como dispositivo para la formación docente inicial.

2.1.1 En torno al concepto de reflexión

El estudio sistemático del papel de la reflexión en la formación docente y, paralelamente, la definición y delimitación del constructo, viene siendo abordada en las últimas décadas dada su centralidad en el desarrollo profesional docente (Guerra Zamora, 2009; Belvis *et al.*, 2013; Rufinelli, 2017; Ufuk, 2017; Zanotti & Sgaramella, 2019; Zajic, 2020; Alzayed *et al.*, 2021)

En los distintos trabajos que abordan al profesor como profesional reflexivo, se pueden identificar distintos enfoques (Rufinelli, 2017), como la Enseñanza Reflexiva (Cruickshank, 1987), la Práctica Reflexiva (Schön, 1983, 1992), y la Indagación Crítica (Zeichner, 1993; Cornejo, 2003). Más allá de estos enfoques, de la revisión de varios estudios focalizados en el proceso de reflexión y en las estrategias para favorecer su desarrollo, se destaca que la mayor parte de estos referencian a Dewey y/o Schön (Rufinelli, 2017). Es decir que se puede aceptar que las ideas de estos autores han incidido realizando aportes, en mayor o menor medida, en las distintas líneas de investigación que se centran en el abordaje de dicho proceso, particularmente en ámbitos educativos.

Con relación a Dewey, en su libro *Cómo pensamos*, realiza un aporte para el enfoque de la enseñanza reflexiva al definir la reflexión como “el examen activo, persistente y cuidadoso de toda creencia o supuesta forma de conocimiento a la luz de los fundamentos que la sostienen y las conclusiones a las que tiende” (Dewey, 2007, p. 24). Menciona tres actitudes vinculadas al proceso reflexivo (p. 45):

- Mentalidad abierta, para considerar nuevos problemas y asumir nuevas ideas.
- Entusiasmo, como motor que impulsa a realizar nuevas investigaciones y lecturas.
- Responsabilidad, necesaria para la búsqueda de nuevos puntos de vista e ideas.

Por su parte Donald Schön, en sus libros: *El profesional reflexivo* (1998) y *La formación de profesionales reflexivos* (1992), expone su postura sobre el rol que la reflexión desempeña en el proceso de desarrollo profesional. Las ideas centrales de lo que él denomina “prácticum reflexivo” son “conocimiento en la acción”, “reflexión en la acción” y “reflexión sobre la reflexión en acción”.

La primera se corresponde con situaciones que se presentan en la vida cotidiana y que por lo tanto suponen una realización espontánea, pues se trata de un tipo de competencia que ya ha sido internalizada. Es decir, “la actividad de conocer sugiere la cualidad dinámica del conocer en la acción que, cuando la describimos, se convierte en conocimiento en la acción” (Schön, 1992, p. 36).

La segunda se presenta cuando, dentro de lo cotidiano, irrumpe un “factor sorpresa”, aparece una situación inesperada que desencadena un proceso, un tipo de reflexión que “carece de una conexión directa con la acción presente” (Schön, 1992, p. 37). Puede suceder que se piense sobre lo que se hace o incluso mientras se está haciendo algo: “en tales procesos, la reflexión tiende a centrarse interactivamente en los resultados de la acción, la acción misma, y el saber intuitivo implícito en la acción” (Schön, 1998, p. 62).

Con respecto a la reflexión sobre la reflexión en acción, se busca que los docentes den “un nuevo sentido a las situaciones indeterminadas e ideen nuevas estrategias de acción” (Schön, 1992, p. 270). El concepto de reflexión en la acción “puede hacer emerger y criticar las comprensiones tácitas que han madurado en torno a las experiencias de práctica es un proceso capaz de modificar y enriquecer las acciones mientras se está reflexionando y ayudar a modelar las acciones futuras.

Además de las dos perspectivas descritas anteriormente, se recupera también, para esta tesis, el concepto de reflexión como un producto social que

requiere la mediación o andamiaje y que debe estar mediada por herramientas que la sitúen, como, por ejemplo, la escritura (Guerra Zamora, 2009). Se reconoce, también, la coexistencia de distintos niveles de reflexión en los docentes en formación. Además, se destaca que su enseñanza requiere de ser organizada en torno a preguntas y procesos clave, y se requieren algunas condiciones mínimas para su desarrollo como, por ejemplo, tiempo y espacio para la reflexión y formadores preparados para propiciar la reflexión (Guerra Zamora, 2009).

Los principales resultados dan cuenta de cierto consenso en asumir a la reflexión crítica como el nivel sofisticado al que aspirar. No obstante, este nivel está lejos de ser alcanzado, más allá de los diferentes tipos de mediaciones que han sido estudiadas (Yaffe, 2010; Frick *et al.*, 2010; Oakley *et al.*, 2014). Los hallazgos comparados de las mediciones y experiencias sugieren la presencia de bajos niveles de reflexividad entre profesores en formación, reflexión que tienden a alcanzar no más allá de una forma descriptiva, con bajo nivel de integración de los conocimientos promovidos en la formación (Rufinelli, 2017).

Una de las hipótesis planteadas en torno a las razones que explican estos resultados refiere a que el desarrollo de la capacidad reflexiva en docentes en formación requiere, por parte del docente formador, no solo de un cambio discursivo sino del diseño de propuestas que permitan ir guiando el proceso de reflexión de forma tal que se produzcan cambios paradigmáticos en los docentes en formación (*cf.* Russell, 2012). Este autor refiere a la frecuencia con la que el concepto de reflexión docente aparece en los programas de formación, pero sin embargo hay escasa evidencia de su desarrollo en dichos programas.

Al respecto, falta también el diseño de propuestas de mediaciones o andamiajes transdisciplinarios, que permitan seguir la trayectoria reflexiva de los docentes en formación. En este sentido Rufinelli (2017) señala la escasa consideración de variables o factores críticos, como, por ejemplo, la necesidad de coherencia sistémica orientada a desarrollar la capacidad reflexiva transversalmente durante el proceso formativo.

En la presente tesis se busca, entonces, diseñar contextos formativos donde se generen estímulos, de manera tal que los docentes en formación vayan construyendo su conocimiento profesional, particularmente vinculado con modelos y modelización, sobre la base de explicitar sus propias concepciones, poniéndolas en diálogo permanente con los nuevos conocimientos que va proporcionando la carrera y con la experiencia práctica. En este sentido, las producciones de los docentes en formación se asumen como objeto de investigación, con el propósito de reescribir, con sustento teórico, el papel de las experiencias de la práctica en la formación docente.

En síntesis, sobre la base de dos constructos: el conocimiento profesional docente y la reflexión, se asume que la interacción entre, por un lado, las diferentes experiencias educativas que ofrece la formación inicial, y, por el otro, la reflexión sobre la base de conocimientos a la luz de los cuales reflexionar, permite el desarrollo del conocimiento profesional docente. En este sentido, propiciar la interacción entre experiencia y reflexión permite generar a la vez aprendizaje y significado, de modo que la reflexión constituye una especie de puente entre experiencia y aprendizaje, destacando el carácter social de la experiencia. (cf. Zink & Dyson, 2009)

2.1.2 Prácticas Reflexivas en la formación inicial

La capacidad de reflexionar críticamente sobre la práctica es considerada como una parte esencial del crecimiento profesional docente (Jaworski, 2006) y, especialmente importante, para los docentes noveles y durante la formación inicial (Kaminski, 2003). Con respecto a dicho tramo, Perrenoud (2011) propone, como idea-fuerza, situar la formación inicial dentro de una estrategia de profesionalización de lo que él denomina “oficio de en-señante” (p. 9). Este autor expresa que, en el tramo de la formación inicial, resulta fundamental considerar en qué situación los docentes en formación puedan ir incorporando la “práctica reflexiva”, como un proceso a través del cual deben ir abandonando su “oficio de alumno para convertirse en actores de su formación”. Esto es, aceptar nuevas modalidades de implicarse en su práctica, lo que muchas veces conlleva a situaciones de incertidumbre, riesgo y nuevas complejidades (p. 17-18).

Lo anterior consistiría en incidir en la parte profesional de la formación, más allá del dominio de los contenidos disciplinares. En otras palabras, más que suministrar al futuro enseñante todas las respuestas posibles, lo que hace una formación orientada hacia la práctica reflexiva es multiplicar las ocasiones para que los estudiantes, en las aulas y en prácticas, se forjen esquemas generales de reflexión y de regulación (Perrenoud, 2011, p. 43).

Desde esta perspectiva, el tramo de la formación inicial resulta fundamental para el desarrollo de la capacidad de autorregulación y aprendizaje, para lo cual es necesario que “la formación desarrolle las capacidades de auto-socio-construcción del habitus, del saber hacer, de las representaciones y de los conocimientos profesionales” (Perrenoud, 2011, p. 43). De este modo, permitirá una relación de los saberes con la propia práctica y con uno mismo y facilitará una relación reflexiva que vincule teoría y práctica.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, la práctica reflexiva resulta de un aprendizaje que debe ser sostenido en el tiempo durante todo el desempeño profesional, y que necesariamente debe comenzar en el tramo de la formación inicial, con una orientación al análisis de las propias producciones y prácticas. Al respecto, Tagle (2011) propone que, en el proceso de diseño de programas destinados a la formación de docentes, se reconozca que las creencias de los estudiantes muchas veces funcionan como “filtros” para procesar la nueva información. Por lo tanto, esta autora plantea que dichos programas necesitan brindarles oportunidades para hacer explícitas sus creencias personales, examinarlas y modificarlas a través del proceso de formación profesional. En este sentido, Perrenaud (2011) sostiene que resulta importante reorientar los contenidos a enseñar, en su conjunto, de forma tal que la práctica reflexiva guíe el proceso de formación durante todo el recorrido. Es decir, “formar a un principiante reflexivo no consiste en añadir un contenido nuevo a un programa ya sobrecargado ni una nueva competencia [pues] la dimensión reflexiva está en el centro de todas las competencias profesionales, constituye parte de su funcionamiento y de su desarrollo” (p. 20). Se trata de un trabajo tanto de “construcción de conceptos y de saberes teóricos nuevos (por lo menos para el estudiante) a partir de situaciones específicas” como de “integración y de movilización de los recursos adquiridos, creador de competencias” (p. 103). Un

ejemplo concreto y operativo para el diseño de propuestas didácticas centradas en la reflexión es el que proponen Cutrera y García (2021). Estos autores se basan en un diseño compuesto por tres etapas denominadas “etapa de explicitación”, “etapa de reestructuración reflexiva” y “etapa de reestructuración metacognitiva”, las que se detallan a continuación:

-En la etapa de explicitación se diseñaron consignas tendientes a explicitar ideas respecto al tópico en cuestión, que se registraron mediante la utilización de diarios de clase.

-En la etapa de reestructuración reflexiva, se implementaron distintas estrategias a través de dispositivos que buscaron promover reflexiones mejor fundamentadas, como la participación en foros y la elaboración de actividades individuales, y posteriores reflexiones a partir de ellas en los diarios de clase.

-En la etapa de reestructuración metacognitiva, se trabajó con consignas que promovieron reflexiones más extendidas en el tiempo capaces de desencadenar procesos de autorregulación (Pintrich, 2000) en las percepciones sobre el conocimiento y la acción docente. Estas últimas permiten retomar y profundizar los contenidos trabajados.

La práctica educativa en el ámbito de la formación inicial resulta, entonces, una actividad reflexiva en constante cambio. En palabras de Anijovich, es importante diferenciar la reflexión ocasional de la práctica reflexiva, ya que esta última tiene poco de espontáneo pues “no alcanza con invitar a los docentes a “traer algo a la mente”, sino que requiere de dispositivos que contribuyan al diálogo, en interacción con otros, que sean sistemáticos y continuos, transformándose en práctica reflexiva” (Anijovich & Cappelletti, 2018, p. 77).

De acuerdo con lo antes expresado, para esta investigación será especialmente relevante trabajar en dos sentidos: por un lado, haciendo explícito el conocimiento tácito que se obtiene de la experiencia, de sus historias personales (Alliaud, 2015); y, por otro lado, retomando y ampliando el conocimiento académico formal, para reinterpretarlo a la luz de la práctica. Este proceso implica experiencias de aprendizaje en instancias individuales y colectivas, planificadas y guiadas por los docentes a cargo de la asignatura. A través de estas experiencias, se busca promover la retroalimentación formativa (Anijovich & Cappelletti, 2020). Esta consiste en procesos y actividades

dialógicas diseñadas por los docentes, para apoyar e informar al estudiante sobre una determinada tarea y sobre la brecha existente entre el nivel en el que se encuentra y el que tiene que alcanzar con respecto a un aprendizaje. Al respecto, se entiende que la enseñanza dialógica es aquella que “aprovecha el poder de la conversación para implicar a los estudiantes, estimular y extender su pensamiento y hacer avanzar su aprendizaje y comprensión” (Alexander, 2004, p. 27). Partiendo de la base de que en cada ciencia el lenguaje estructura de manera diferente la construcción del conocimiento disciplinar, se escoge una perspectiva dialógica, como alternativa a la explicación magistral propia de la enseñanza tradicional, dado que “favorece la participación activa del estudiantado, ayudándolo a construir y poner en funcionamiento representaciones dinámicas mentales (modelos) progresivamente más satisfactorias y científicas” (Aliberas, 2006, p. 29, la traducción es mía). En este sentido, esta perspectiva contribuye a que el futuro docente dimensione que “los significados se construyen de una manera particular en cada disciplina [lo que] lleva consigo la necesidad de considerar las terminologías, las retóricas, los razonamientos y las estructuras discursivas propias” (Massa & Aguilera, 2020, p. 39).

Desde la óptica del estudiante, la retroalimentación remite también al aprendizaje autorregulado que comprende distintas acciones, pensamientos y procesos metacognitivos que permiten, mediante el control y la revisión, el logro de metas y objetivos académicos (Zimmerman, 2000).

En este sentido, se destacan distintas propuestas basadas en el uso de dispositivos, entendidos en este trabajo de tesis como modos particulares de organizar la experiencia formativa y evaluativa en y sobre la práctica educativa (Anijovich & Cappelletti, 2018, p. 79). Por ejemplo, el “portafolio reflexivo” (Pérez Burriel, 2010), la redacción del diario de clase, el análisis videográfico, el desarrollo de proyectos individuales apoyados en otros compañeros (Corduras, 2009) y la utilización de narrativas (Zanotti & Sgaramella, 2019), suponen un fortalecimiento de estrategias de revisión y reflexión sobre la propia práctica durante la formación inicial. Esto se ha traducido generalmente en producciones más elaboradas y en la adquisición de habilidades para

informarse sobre las realidades educativas, conocerlas, comprenderlas y actuar sobre ellas.

En el marco de la formación sistemática en práctica reflexiva, el uso de las preguntas también resulta central. Estas pueden referirse a: aspectos acerca de la gestión de la clase (estrategias generales a utilizar, como materiales y recursos, organización de la tarea); cuestiones académicas en términos de la definición y tratamiento de los contenidos o saberes a enseñar (qué enseñar, con qué alcance, qué se profundiza y qué se aborda superficialmente, qué se prioriza y qué se deja afuera) y sobre la socialización y construcción biográfica como docente. En los ámbitos de formación, la reflexión, entendida como práctica social, adquiere no solo valor simbólico, sino también estratégico al promover la construcción de comunidades de aprendizaje, forjadoras de condiciones que posibilitan cambios a nivel institucional y social. Al respecto, los profesionales reflexivos reconstruyen y comparten su existencia profesional y, de esta manera, configuran el campo (Anijovich & Cappelletti, 2017).

En este sentido, se consideró pertinente el diseño y puesta en marcha de una Unidad Didáctica (UD), sobre el tópico modelos y modelización, centrada en promover procesos reflexivos en las participantes del presente estudio. Se escogió esta metodología de trabajo debido a que las UD (Sanmartí, 2000) constituyen un dispositivo didáctico lo suficientemente flexible, y a la vez riguroso, como para contener las sucesivas reestructuraciones que hacen al proceso de enseñanza y de aprendizaje en el marco de una propuesta de formación docente centrada en la reflexión. El término dispositivo no resulta ingenuo en el contexto de la mencionada experiencia, pues no se desconoce que los dispositivos educativos performan la enseñanza y el aprendizaje, es decir, traen su carga de intencionalidad (*cf.* Vercellino, 2020). De ahí que para que pudieran ir emergiendo nuevas configuraciones didácticas (Litwin, 1997) el dispositivo se diseñó de manera tal que posibilitara el desarrollo, en torno al tópico y con impacto en la propia configuración de la UD, de una especie de práctica artesanal capaz de ir generando situaciones de aprendizaje formativas y transformadoras, evitando así caer en la trampa de la mecanización de las fases o momentos de la puesta de actividades en el aula, que los docentes nóveles adoptan rápidamente como una suerte de receta.

2.2. Constructo Teórico: Modelos y Modelización

El Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires para Matemática Ciclo Superior 4° año (Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires, 2010), así como también los Núcleos de Aprendizajes Prioritarios a nivel nacional (Ministerio de Educación, 2018), proponen considerar la matemática como parte de la cultura, posicionando a los estudiantes como sujetos activos y, por lo tanto, hacedores de la propia cultura en la que están inmersos. A la luz de tales consideraciones, hacer matemática implicaría un trabajo de interpretación del mundo, trabajo que permitiría avanzar hacia la utilización de modelos para describir y predecir fenómenos de las ciencias naturales, es decir, propendería a habilitar al estudiantado a modelizar el mundo con herramientas propias de la matemática.

En la misma dirección, el llamado “Marco Nacional para la Mejora del Aprendizaje en Matemática”, presentado por el Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología en el año 2019, propone

avanzar hacia una matemática en uso, que admita un trabajo bajo una estructura heurística, abductiva, conjetural, causal, donde los/as estudiantes tengan una aproximación práctica al campo disciplinar que les permita avanzar hacia la abstracción y la generalización y fortalecer una preparación que retome la transversalidad y la funcionalidad de los conocimientos escolares en la vida cotidiana de los/as estudiantes, en una concepción de matemática para la vida. (p. 15)

Lo anterior supone trascender las prácticas tradicionales canonizadas en la enseñanza de la matemática, las que se sostienen principalmente en el entramado propio de razonamientos de tipo deductivo. Es decir, en la matemática escolar suelen predominar definiciones formales, que resultan muy abstractas para los estudiantes, así como también simbolizaciones que ellos no terminan de entender, seguidas de una serie de procedimientos mecánicos, lo que da lugar a una enumeración de conceptos disciplinares cerrados en sí mismos y presentados de manera poco significativa.

Por el contrario, pensar en una dinámica que lleve a los estudiantes a establecer, comprobar y validar hipótesis (Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires, 2010) y no en meramente repetir

hasta el infinito procedimientos mecanizados requiere de una mirada amplia que permita resemantizar la estructura clásica deducción-inducción, introduciendo “el ‘modo de pensamiento’ abductivo, generador de hipótesis de trabajo, como mecanismo de explicación por excelencia” (Sans Pinillos & Adúriz-Bravo, 2021) en la enseñanza de la matemática. En palabras de Sans Pinillos y Adúriz-Bravo (2022), “la abducción representa un mecanismo ideal para modelizar, dentro de la educación científica, cómo la ciencia explica” (p. 582).

En este sentido, la Unidad Didáctica (UD), diseñada para este trabajo de tesis, tiene como sustento teórico una perspectiva modeloteórica, de corte semanticista, que permite introducir a los futuros profesores en la comprensión de procesos de modelización teórica abductiva de fenómenos propios de las ciencias naturales, para así repensar la enseñanza de la matemática. La perspectiva modeloteórica “se ocupa de la naturaleza, construcción y utilización de los modelos científicos como representaciones teóricas externalizadas y consensuadas del mundo, entendiendo que la actividad de modelización es uno de los elementos constitutivos de la empresa científica” (Adúriz-Bravo, 2012, p. 1).

Se escogió esta línea de trabajo porque recupera lo que se llama una visión epistémica de los modelos. A saber, pone fuerte énfasis en la revisión teórica de la noción de modelo y en el análisis crítico de su uso en las prácticas de modelización en el ámbito de las ciencias, pero siempre con la mirada puesta en las consecuencias que todo ello tiene sobre la enseñanza. Esto es, se trata de una perspectiva que insta, ya desde el propio debate teórico inicial sobre la noción de modelo, a replicar en las aulas aquellas prácticas que hacen al devenir de la “empresa científica”, pero animando a ejercer una práctica situada.

En este sentido, los autores seleccionados para este apartado sugieren avanzar hacia prácticas áulicas basadas en modelos, que sean sensibles a los múltiples y singulares contextos dentro de los cuales los docentes en formación deben desarrollar su capacidad de observación y análisis, así como también de capacidades metacognitivas (Perrenoud, 2011). Lejos de cualquier perspectiva tradicional sobre la enseñanza, aunar consideraciones didácticas y “naturaleza

de la ciencia” en la discusión sobre modelos y modelización permite introducir, ya desde la formación inicial, contenidos de las llamadas metaciencias, como la epistemología y la historia de la ciencia, en pos de lograr una adecuada transposición de los contenidos científicos en los diferentes niveles educativos (Adúriz-Bravo, 2018).

2.2.1 Acerca de la noción de modelo

En principio, cabe mencionar que, durante el tramo formativo del Profesorado en Matemática, específicamente al comienzo de la formación pedagógica y didáctica específica, se puede verificar que los estudiantes, al diseñar sus primeras clases, utilizan los modelos matemáticos y científicos de manera implícita, sin tomar conciencia de esta categoría, y mucho menos llegar a problematizarla. A saber, la forma en que emplean los modelos se corresponde con un diseño de actividades de corte tradicional, que han ido incorporando durante su biografía escolar. Es decir, los modelos que ellos ponen en acción se reducen a ecuaciones y fórmulas: presentaciones exclusivamente sintácticas, muy probablemente carentes de sentido para sus prospectivos estudiantes de nivel medio. La práctica didáctica instalada en los futuros profesores insiste en la resolución de situaciones problemáticas descontextualizadas, como si se tratara de una receta de pasos a seguir. Además, en la mayoría de los casos se recurre a la ecuación como una herramienta, una especie de insumo, que permite traducir de forma más o menos eficiente un problema del mundo real al lenguaje matemático, pero que, durante el proceso de traducción, pierde su riqueza, su capacidad de evocar otras situaciones y de convocar nuevos registros semióticos, más creativos, más cerca del mundo real con el que interactúan los estudiantes.

Es por esto que la perspectiva de enseñanza que orienta este trabajo procura que los docentes en formación no solamente recurran a modelos teóricos y a prácticas de modelización, sino que además se aproximen a una concepción amplia de la categoría modelo para que, prospectivamente, puedan orientar a sus estudiantes a una comprensión más significativa de los modelos científicos. En consonancia con dicha perspectiva, se trabajó con la siguiente definición de modelo:

...un modelo es un objeto abstracto, conceptualmente construido, en el cual se consideran como variables sólo los factores relevantes, a veces se suponen propiedades de los elementos inobservables del sistema real e incluso, en algunos casos, se introducen entidades ideales inexistentes en la realidad. (Adúriz-Bravo *et al.*, 2014, p. 42)

De acuerdo con esta definición, los modelos como mediadores entre teoría y realidad, permiten recurrir a distintas teorías científicas para explicar fenómenos naturales a través de la conceptualización del fenómeno en cuestión (Adúriz-Bravo *et al.*, 2014).

En cuanto a las características de los modelos, estas fueron tomadas de autores relevantes del campo (en particular, se siguen las formulaciones de Adúriz-Bravo, 2011, 2012). Se las enuncia aquí en el orden en que fueron emergiendo durante el desarrollo de la Unidad Didáctica:

1. Los modelos científicos son modelos-a-partir-de y modelos-para
Un modelo, en tanto representación de un objeto en su ausencia, puede entenderse como un “modelo-a-partir-de”, ya que capta los elementos esenciales de un sistema y, a su vez, podría convertirse en un “modelo-para”, como una forma de comprender otros sistemas.
2. Los modelos científicos se construyen para unas determinadas finalidades y valores:
 - describir, entender, predecir, controlar, transformar o comunicar la realidad natural.
 - dar respuesta a determinadas inquietudes, creándose desde determinadas perspectivas socialmente aceptadas.
 - funcionar a modo de “plano”, proveyendo instrucciones para concretizar algo determinado en una construcción real.
3. Los modelos científicos deben ser entendidos como “analogías” del mundo. Es decir, que se asemejan a él en ciertos aspectos, que a su vez son especificados para definir esos modelos.
4. Los modelos median entre teoría y realidad, es decir, los modelos se ubicarían en el vértice de una estructura en forma de “V”, conectados con las teorías por un lado y con los fenómenos por el otro, sin que a su vez haya conexión sustantiva entre estos dos conjuntos de entidades.

5. Los modelos científicos son construcciones teóricas de la realidad que se elaboran para facilitar el estudio de su comportamiento.

A continuación, se presentará la idea de modelo, en cuanto a su vinculación con la teoría, y cómo esta fue cambiando históricamente (de 1920 a 1980).

2.2.2 Breve recorrido histórico de la noción de modelo

La vinculación de la idea de modelo con la de teoría fue evolucionando a lo largo de la historia. En este sentido, y con el fin de presentar la perspectiva teórica adoptada para el presente trabajo de tesis, se mostrará -de forma muy resumida- cómo fue cambiando dicho concepto, hasta llegar a la idea desarrollada por la escuela semanticista, enfoque que orienta este proyecto.

Para iniciar este breve recorrido histórico, se presenta la noción de modelo propia de las ciencias formales, como la matemática y la lógica, disciplinas que privilegian los aspectos sintácticos y algorítmicos de los signos antes que los significados (Klimovsky & Boido, 2005). Desde esta perspectiva, la conceptualización propia de los términos matemáticos se produce a partir del uso puro del lenguaje, sin que estos refieran a un contexto extralingüístico. En palabras de Klimovsky y Boido (2005), “un cálculo matemático es muchas veces eso: una manipulación de signos y expresiones que no tiene en cuenta significados, sino, simplemente, propiedades formales” (p. 123).

En consecuencia, como su nombre lo indica, las ciencias formales estudian los sistemas formales, los que se corresponden con estructuras lingüísticas que parten de un conjunto de enunciado o “axiomas” para obtener, por medios de reglas inferenciales, el resto de los enunciados del sistema (Lombardi, 2011).

En este ámbito, el concepto de modelo se circunscribe a

aquellas realizaciones posibles en las que ocurre lo que la teoría afirma, las que de hecho se comportan como la teoría dice, o técnicamente, en las que los axiomas (y con ellos todo el resto de afirmaciones) de la teoría son verdaderos. (Díez & Moulines, 1999, pp. 284-285)

Lombardi (2011) expone que las diversas corrientes de la filosofía de la ciencia del siglo XX trasladaron la noción de modelo propia de las ciencias formales a las ciencias fácticas. De acuerdo con esta autora, para la “concepción

sintáctica” de las teorías científicas, también llamada “concepción heredada”, heredera del positivismo lógico (décadas del 20 y del 30),

una teoría científica es un sistema axiomático interpretado: las leyes funcionan como los axiomas, a partir de los cuales se deducen todos los enunciados de la teoría, en particular, aquellos enunciados empíricos que, por incluir sólo términos observacionales -términos que refieren a objetos o propiedades directamente observables- pueden ser contrastados empíricamente. (p. 85)

En línea con lo anterior, Klimovsky y Boido (2005) introducen la metáfora del diccionario para explicar los alcances de la interpretación de un sistema axiomático:

Una interpretación de un sistema axiomático es un diccionario que tiene dos columnas, la de la izquierda y la de la derecha. La primera está formada por la lista de los términos primitivos del sistema axiomático; y en la segunda se indica el significado que se da a los términos de la columna izquierda. El mencionado diccionario transforma al sistema axiomático en un lenguaje comunicativo con el cual podemos hablar acerca del mundo por medio de afirmaciones que podrán ser verdaderas o falsas. Por ejemplo, la afirmación "de un punto parten infinitas semirrectas" se transforma ahora en la proposición "de carne y hueso" siguiente: "de un foco luminoso parten infinitos rayos luminosos". (p. 125)

En consonancia con lo antes expuesto, para la concepción heredada un modelo “era una entidad menor, carente de interés: podía ser reducido a un sistema (estructura) que ‘satisfacía’ todos y cada uno de los axiomas de la teoría científica, convirtiéndose en modelo de esa teoría después de este proceso de ‘interpretación’” (Adúriz-Bravo, 2012, p. 7).

A partir de la década del 60, la concepción heredada comienza a ser desafiada por la nueva filosofía de la ciencia, que cuestiona sus principios básicos (Díez & Moulines, 1999). Siguiendo a estos autores, un concepto básico para esta nueva concepción es la noción de paradigma de Kuhn, que se define como “un ejemplo o caso de algo que hace de modelo para otros casos de lo mismo, ... un ejemplo-tipo o típico” (p. 312). Un sentido de la noción de paradigma que

contribuye a la comprensión de cómo fue cambiando el constructo modelo, en el recorrido histórico seleccionado para esta investigación, es la noción de *ejemplar* de Kuhn. Los ejemplares “son paradigmas en sentido etimológico: casos que hacen de modelo, ejemplos modélicos” (p. 316).

A pesar de que los aportes de Kuhn a la discusión sobre los modelos científicos pasaron inadvertidos hasta la década del 80, la idea de modelo-ejemplar fue recuperada debido a su relevancia desde la epistemología racionalista, y sentó las bases de la noción de modelo que se presentará a continuación (Adúriz-Bravo, 2011).

A finales de los años setenta y durante los años ochenta se impone una nueva caracterización de las teorías científicas: la llamada concepción semántica de las teorías (Díez & Moulines, 1999). Dicha concepción recupera la noción de modelo-ejemplar de Kuhn, a la vez que la enriquece al añadir la idea de que los modelos pueden ser formulados de forma general y abstracta y, análogamente, representados de manera semiformal (Izquierdo, 2007), potenciando así su poder explicativo.

En cuanto a la denominación “semántica”, tiene que ver con que dicha concepción se enfoca principalmente en el significado de las teorías científicas, antes que en la dimensión “sintáctica” que había estudiado la concepción heredada. Desde la perspectiva semántica, las teorías se conciben como estructuras conceptuales complejas, cuyas unidades son los modelos.

En palabras de van Frassen (1989):

Según la visión semántica, presentar una teoría es presentar una familia de modelos. Esta familia puede describirse de muchas maneras, por medio de diferentes declaraciones en diferentes idiomas, y ninguna formulación lingüística tiene un estatus privilegiado. Específicamente, no se le da importancia como tal a la axiomatización, y una teoría puede ni siquiera ser axiomatizable. (p. 188, la traducción es mía)

En síntesis, la perspectiva semántica no supone un abandono de las formulaciones lingüísticas, sino que “los conceptos relativos a modelos son más provechosos para el análisis filosófico de las teorías científicas, de su naturaleza y funcionamiento, que los relativos a enunciados” (Díez & Moulines, 1999, p. 330).

En cuanto a la naturaleza de los modelos, los diversos representantes del semanticismo presentan diferentes concepciones. En el caso de Suppes y la concepción estructuralista, “se trata de modelos en el sentido genérico de la teoría de modelos”; para van Fraassen y Suppe, “son lo que se denomina espacios de estado”; y para Giere “son modelos en cualquier sentido informal aceptable del término” (Díez y Moulines, 1999, p. 333).

El enfoque semanticista resulta particularmente interesante para la formación de los docentes en matemática, pues permite resignificar la práctica científica en el aula al darles la posibilidad de interpretar el mundo, no únicamente a partir de formulaciones lingüísticas propias del corpus de una teoría, sino mediante representaciones de determinados fragmentos de la realidad, que resultan más cercanas a los estudiantes, y que se relacionan a su vez con dichas formulaciones lingüísticas (cf. Ariza, 2013).

En línea con esto, Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2009) mencionan que
ahora no es tan importante enseñar a repetir y a manipular enunciados compactos (por ejemplo, las Leyes de Newton), sino poder pensar sobre ciertos hechos-clave reconstruidos teóricamente (la caída de una manzana...) para dar sentido a los fenómenos del mundo que nos rodea (la gravitación...) que se nos muestran análogos a aquellos. (p. 46)

Cabe señalar que el enfoque semanticista va cobrando cada vez mayor relevancia en una multiplicidad de trabajos de investigación. Acorde con los propósitos de esta tesis se seleccionaron, en particular, experiencias de los últimos cinco años del ámbito latinoamericano (Anexo 1, Tabla A2), desarrolladas en distintos niveles educativos. Algunas, se centran en la formación inicial del profesorado sobre contenidos disciplinares de física y química (Olavegogeoascoechea & Orlandini, 2021), o de física y matemática (Soto Alvarado, 2019); otras, presentan el desarrollo de una unidad didáctica para la residencia de la práctica docente (Mancini *et al.*, 2023) o muestran la implementación de secuencias didácticas utilizando diversos recursos que permitan la construcción de modelos para alumnos de la educación secundaria (Perinez *et al.*, 2020) y primaria (Acevedo *et al.*, 2021); un trabajo expone los fundamentos didácticos, planteados por la línea de innovación didáctica llamada “naturaleza de la ciencia” con énfasis en el diseño de actividades para

futuros docentes de ciencias naturales (Adúriz-Bravo, 2022), mientras que otros buscan aportar a la fundamentación metateórica de la ciencia escolar y, de manera más general, a la enseñanza de las ciencias apoyada en la modelización (Ariza *et al.*, 2020, Ariza, 2022). Además, un artículo propone formas de abordar fenómenos como el de obesidad desde la perspectiva de la construcción de modelos (Moreno Arcuri *et al.*, 2021), mientras que otro analiza los enfoques epistemológicos recurrentes a partir de la lectura de publicaciones de orden nacional e internacional en revistas especializadas de la didáctica de las ciencias de los últimos 10 años (Orozco Marbello *et al.*, 2023). Cabe señalar que las publicaciones mencionadas anteriormente tienen como propósito común que los estudiantes de distintos niveles educativos conozcan los modelos científicos en sus contextos de producción, problematicen dichos modelos desde una práctica científica situada y vayan experimentando con actividades de modelización que resulten significativas en función de los fenómenos abordados y de los modelos teóricos que sustentan dicha práctica.

2.2.3 Implicaciones para la enseñanza de la matemática

Para este proyecto en particular se consideran los modelos desde el enfoque semanticista, y en especial, se retoma la propuesta del epistemólogo norteamericano Ronald Giere sobre modelos científicos, ya que esta proporciona “insumos para la construcción de un modelo de enseñanza ... que considera que el estudiante es un agente capaz de pensar rigurosamente sobre el mundo porque ha aceptado compartir un cuerpo teórico al que le ha encontrado auténtico significado” (Izquierdo Aymerich & Adúriz-Bravo, 2021, p. 86).

La perspectiva de Giere resulta lo suficientemente amplia para abordar y problematizar en el aula el concepto de modelo científico, en tanto categoría teórica, pues habilita a que los docentes en formación recurran a dicho concepto, a partir de una multiplicidad de registros semióticos. Así, podrían representar en el aula determinados fragmentos de la realidad, siempre y cuando estos registros permitan analizar y argumentar con rigurosidad sobre lo que se está estudiando (*cf.* Adúriz-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009).

En este sentido, esta noción de modelo, pensando particularmente en el espacio correspondiente al trayecto formativo (marco de esta experiencia didáctica) y en la discusión reflexiva desarrollada durante la implementación de la UD en torno a dicha noción, resulta sumamente productiva. A saber, porque posibilita que los docentes en formación puedan pensar con amplitud sobre dicho término, de modo que no utilicen únicamente las formulaciones lingüísticas usuales dentro de la matemática, sino que también se animen a recurrir a “las maquetas, las imágenes, las tablas, los grafos, las redes, las analogías... siempre que habiliten a quien los usa, a describir, explicar, predecir e intervenir y no se reduzcan a meros calcos fenomenológicos del objeto sustituido” (Adúriz-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009, p. 46). Esto permitiría correrse de la mirada clásica de la matemática altamente abstracta, que predomina en la educación, hacia una propuesta de enseñanza acorde con una matriz constructivista didáctica. De este modo, la formación docente inicial no estaría centrada en un contenido para la enseñanza, que el docente en formación tienda a tomar como una receta, sino que promovería prácticas reflexivas capaces de integrar una reflexión teórica con la práctica, o más bien que de la práctica devengan nuevos conocimientos revalorizando lo experiencial.

En consecuencia, esta mirada flexible de la enseñanza puede contribuir a que los estudiantes adquieran “modelos rigurosos y completos sobre el mundo y, al mismo tiempo, desarrollen un pensamiento autónomo que mejore su aprendizaje futuro” (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003, p. 40, la traducción es mía).

Al respecto, los modelos construidos en la escuela se han llamado modelos científicos escolares (Justi, 2011) y comparten con los modelos científicos “las características de ser funcionales, coherentes, y basados en modelos anteriores” (Gellon *et al.*, 2009, p. 27). Se caracterizan por generarse a partir de una transposición didáctica de los modelos eruditos, constituyendo un puente entre los modelos mentales, o construcciones previas, de los alumnos y los modelos aceptados por la comunidad científica. La inclusión de los modelos científicos escolares permite que los estudiantes complejicen progresivamente dichas construcciones, a la vez de que reflexionen sobre los límites y

posibilidades de estos modelos (cf. Gellon et. al, 2009). Gutiérrez (2004) propone que, al principio, estos modelos sean muy sencillos y vayan aumentando su nivel de complejidad de modo que

el proceso de diseño y desarrollo curricular consistiría en el diseño de una sucesión de modelos que progresivamente se irían construyendo y completando, de modo que los últimos se edifican sobre las bases de los primeros, hasta llegar al modelo científico escolar deseado para cada nivel de aprendizaje. (p. 14)

Para entender el proceso de transposición didáctica en toda su complejidad, resulta de interés la argumentación de Galagovsky *et al.* (2014), quienes ponen el acento en la dinámica de la construcción de conocimientos en los ámbitos científico y escolar y recurren a la noción de modelo mental, para abordar la cuestión de la comunicación entre docentes (expertos) y estudiantes (novatos). Al respecto, se entiende que un modelo mental es cada representación privada y personal creada por un individuo (Justi, 2011, p. 109). Para Justi (2011), “la comunicación comprensiva entre individuos se logra cuando estos comparten modelos mentales sobre el tema que están tratando” (p. 109), mencionando la diferencia sustancial entre los modelos mentales expertos de los científicos, los modelos mentales expertos de los docentes y los propios de los estudiantes. Entonces, desde la perspectiva de Galagovsky *et al.* (2014), para que exista comprensión acerca de algún tópico en cuestión, debe haber puntos de coincidencia entre los modelos mentales de los científicos y los de los docentes, en primer lugar, y, posteriormente, entre los del docente y los de los estudiantes, cuando estos últimos interactúan con los modelos en el marco de los discursos propios de la ciencia escolar.

Los planteos de Galagovsky *et al.* (2014) permiten dimensionar el recorrido que realizaron las participantes implicadas en esta investigación. A saber, debieron transitar, a partir de estímulos externos impulsados por el docente formador, una praxis reflexiva durante la cual fueron incursionando por entre el complejo entramado de los conceptos científicos y, en el mismo proceso, reacomodando sus esquemas cognitivos en un doble sentido: para su propia comprensión, que les supuso “pensar como científicos”, y para encontrar mecanismos de transposición didáctica, dispositivos para compartir esos saberes, que hicieron

propios, con sus prospectivos estudiantes. En otras palabras, debieron, previamente, comprender los modelos científicos eruditos para luego generar, a partir de la transposición didáctica, el modelo científico escolar más adecuado según el contexto educativo.

Siguiendo a Justi (2011), para que los estudiantes comprendan los modelos científicos escolares, “deben percibir que un modelo no es una representación fidedigna de la realidad y que la creación del modelo siempre implica ciertas simplificaciones y aproximaciones que, muchas veces, tienen que ser decididas con independencia de implicaciones teóricas o datos empíricos” (p. 115). Es decir, los alumnos deben percibir las limitaciones inherentes a cualquier modelo y que siempre va a ser una representación parcial, aunque se añadan sucesivas modificaciones a partir de, por ejemplo, evidencia científica.

2.2.4 La modelización en la enseñanza de la matemática

En términos generales, se entiende por modelización, en el ámbito educativo, “al procedimiento de vincular hechos y modelos ... sea que ellos [los estudiantes] ‘reconstruyan’, ayudados por el grupo, modelos científicos robustos para iluminar cuestiones que se les presentan como intrigantes, o que ‘pongan en acción’ los modelos aprendidos...” (Adúriz-Bravo, 2011, p. 155).

En este sentido, Sensevy *et al.* (2008) lleva a pensar que la propia actividad de modelización va permitiendo el desarrollo de una dinámica con un grado progresivo de fluidez en la cual los estudiantes puedan pensar teóricamente, es decir, puedan llegar a visualizar que los científicos generan entidades abstractas y estudian sus propiedades y las relaciones entre entidades y con el mundo fenoménico, como “una transición de lo concreto a lo abstracto y viceversa” (p. 443, la traducción es mía).

De este modo, involucrar al estudiantado en prácticas de modelización favorece tanto el aprendizaje significativo de contenidos disciplinares, como el desarrollo de habilidades investigativas relacionadas con la construcción de modelos, y referidas a la comprensión de las convenciones de representación utilizadas en las distintas disciplinas científicas (Justi & Figueirêdo, 2014).

Particularmente, aquellas propuestas didácticas diseñadas con base en la noción de modelización animan a implementar en el aula experiencias en las

que los estudiantes participen activamente, llegando a reconocer la naturaleza, construcción y alcance de los modelos científicos. Al respecto, es precisamente el enfoque semanticista el que posibilita discutir el concepto de modelización y sus alcances didácticos, pues desde una perspectiva formalista, y por el escaso interés que tiene dentro de ella el concepto de modelo, no tendría lugar dicha problematización (*cf.* Gilbert & Justi, 2016).

La modelización deviene, entonces, en un concepto dinámico en constante proceso de reformulación y consecuente resemantización, lo que insta a seguir aportando a este campo de investigación en constante crecimiento. Al respecto, la revisión de publicaciones que desarrollan experiencias de investigación educativa en torno a procesos de modelización muestra que estas se han multiplicado en los últimos años. A partir de dicha revisión, y acorde a los propósitos de esta investigación, se organizó un corpus compuesto por diversas experiencias de los últimos cinco años (Anexo 1, Tabla A2), circunscritas al ámbito latinoamericano. Algunas de estas, analizan distintos programas de modelización en el tramo de la formación inicial en futuros profesores de matemática, con relación a la implementación de proyectos de modelización abierta (Villarreal, 2019) o presentan un nuevo espacio curricular que introduce prácticas de modelización en la formación de profesores de matemática (Olivero *et al.*, 2020); otras ponen el foco en la enseñanza de las ciencias para mostrar los resultados de un proceso de modelización, a partir del análisis de un hecho científico, durante la formación inicial de un profesorado universitario de biología (Lozano *et al.*, 2020), sistematizan e interpretan las percepciones de futuros docentes de distintos contextos educativos sobre la modelización como enfoque didáctico (Garrido Espeja *et al.*, 2022) o muestran el desarrollo de competencias científicas en estudiantes del profesorado de ciencias biológicas, durante la construcción de modelos explicativos (Umpiérrez-Oroño *et al.*, 2023). Además, otras investigaciones presentan algunas reflexiones metacientíficas en torno a la construcción de modelos durante la formación inicial del profesorado de Química (Díaz Guevara *et al.*, 2019), el proceso de elaboración de secuencias didácticas que requieren del diseño, elaboración y construcción de modelos analógicos para la enseñanza contextualizada de contenidos de Física (Furci &

Adúriz-Bravo, 2023) o apuntan al nivel de sofisticación y tipo de modelo de energía que construyen futuros docentes de física chilenos a través de una breve secuencia didáctica modelizadora (Soto Alvarado & Couso Lagarón, 2023). En otros artículos se muestra el desarrollo de actividades realizadas por grupos de estudiantes tanto de la educación secundaria en Chile, quienes participan de secuencias de enseñanza orientadas a la modelización a fines de aportar a la formación inicial y continua de profesores (Merino *et al.*, 2019), como de una escuela secundaria de Córdoba (Argentina) en el marco de proyectos de modelización abiertos, acompañados por el libre uso de tecnologías, en el marco de las primeras prácticas docentes llevadas adelante por dos futuras profesoras de matemática (Villarreal & Mina, 2020).

En otros trabajos del corpus revisado se advierte que, si bien todos los trabajos se centran en la actividad de modelización en contextos educativos, se pudo corroborar que el foco de interés está puesto en distintos aspectos. A saber, en un grupo de trabajos académicos se incluye el término modelización para el desarrollo de una experiencia educativa focalizada en la adquisición de algún contenido específico de la disciplina a partir de la actividad de modelización. Esos trabajos destacan la actividad de modelización como estrategia para la enseñanza de un contenido considerado central¹, y a veces de difícil comprensión, para una disciplina en particular, tanto en el tramo de la formación inicial (Aragón *et al.*, 2018; Diaz Guevara *et al.*, 2019) de profesorado en ciencias, como en otras instancias educativas (Mariano Pérez *et al.*, 2018). Lo que resulta común a los trabajos mencionados anteriormente es que se trata de investigaciones que plantean ciertos avances o progresiones en cuanto a los conocimientos, las estrategias y la posibilidad de reflexionar sobre los distintos abordajes de una situación problemática a partir de diversas prácticas de modelización. Al respecto, sobre esta cuestión de la modelización como una progresión, Gilbert y Justi (2016) sostienen que la modelización puede entenderse como un proceso “cíclico, complejo, dinámico, no lineal y

¹ Resulta interesante la investigación de Campbell *et al.* (2015), centrada en la revisión de 81 artículos que incluían el enfoque de la modelización como una intervención educativa, seleccionados de revistas de investigación científica. Uno de los resultados es que, en el 81% de los artículos revisados, el propósito principal fue desarrollar una comprensión conceptual de alguna idea central de la disciplina involucrada.

creativo” (p. 77, la traducción es mía) que contiene las siguientes etapas: aprender modelos ya elaborados, aprender a aplicarlos, revisarlos y reconstruirlos y aprender a elaborar modelos nuevos (Justi & Gilbert, 2002). Estos autores mantienen la anterior organización en etapas básicas porque esta permite dimensionar el proceso de modelización en su totalidad, aun cuando no exista un orden específico de la ocurrencia de las etapas o de los subprocesos de cada etapa (Gilbert & Justi, 2016).

Otros trabajos ponen el foco en el desarrollo de la competencia de modelización. En este sentido, ponen el acento en la demanda cognitiva que supone la actividad de modelizar, introduciendo el concepto de competencia de modelización como uno de los aspectos del desarrollo de la competencia científica en el alumnado. Esta puede estar vinculada a la presencia de dicho término en diseños curriculares de la actualidad (Justi, 2011), a la noción de metamodelo para desarrollar la competencia de modelado en el alumnado (Papaevripidou *et al.*, 2014), a las estrategias que permiten evaluar la competencia de modelización (Lopes & Costa, 2007; Nicolaou & Constantinou, 2014), relacionándola además con el concepto de progresión de Justi (Oliva *et al.*, 2015), al uso de modelos como herramientas de investigación con el propósito de adquirir competencia en el pensamiento científico y en las prácticas de indagación (Upmeier zu Belzen *et al.*, 2019). Vale la pena destacar el trabajo de Adúriz-Bravo (2017), quien problematiza el concepto de competencia relacionándolo con la alfabetización científica, y define la noción de competencia paradigmática (“caracterizadora”), tanto en el ámbito de la ciencia como en la educación. Este autor considera, dentro de las competencias paradigmáticas, la de modelización.

Por último, resulta de especial interés, a los fines de la investigación realizada para este trabajo de tesis, poner el acento en la perspectiva que se ocupa de enfatizar la modelización como una actividad propia de las ciencias, susceptible de ser replicada en el aula, destacando que el proceso de modelización llevado a cabo por el estudiante es en algunos aspectos análogo al que realiza el científico. Se escoge esta línea de investigación ya que propone redefinir las trayectorias de aprendizaje en torno a modelos y modelización de modo que el estudiantado se involucre activamente en prácticas científicas auténticas

(Adúriz-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009; Prins *et al.*, 2009; Acher, 2014; Campbell *et al.*, 2015). En esta línea de trabajo, se sugiere que los alumnos experimenten con modelos en procesos de modelización semejantes a los utilizados en distintos entornos científicos, lo que propiciaría una “alfabetización científica” (Gilbert & Justi, 2016).

En consonancia con lo antes planteado, la modelización en el aula puede concebirse como “el ‘ejercicio’ intelectual de aplicar modelos ya existentes a explicar hechos ya estudiados en un entorno de enseñanza” (Adúriz-Bravo, 2011, p. 154). Tal “ejercicio” seguiría, tomando como base la propuesta de Gilbert y Justi (2016), un proceso como el que se detalla a continuación. El punto de partida es la manifestación de los modelos mentales de los estudiantes (expresados mediante diversos recursos simbólicos). Posteriormente, estos modelos son puestos a prueba a partir de una práctica dialógica al interior del grupo de trabajo, con el fin de evaluarlos, criticarlos y modificarlos cuando son utilizados para explicar y comprender un hecho particular del mundo real. Cabe mencionar que este hecho inicialmente debe ser presentado en forma de situación problemática, de problema a abordar, de la misma manera en que surgen los modelos en la ciencia. Para que la actividad de modelización resulte significativa, es preciso que el hecho del mundo a ser abordado sea reconstruido teóricamente en clase (Izquierdo *et al.*, 1999), resultando fundamental el proceso de andamiaje conducido por el docente. De este modo, es el propio docente el que realizará preguntas apropiadas, sin aportar información clave, para que los estudiantes reflexionen sobre el hecho en cuestión y reformulen sus propios modelos con el objetivo de ir reconstruyendo el modelo que explica el fenómeno abordado.

Dentro de esta perspectiva, la utilización de diversos recursos, vehiculizados en distintos registros semióticos (analogías, maquetas, representaciones pictóricas, modelos a escala, experimentos mentales, escenificaciones personificadas o simulaciones mediante el uso de la computadora), es fundamental para llevar a cabo una práctica de modelización que resulte significativa tanto para el docente como para el estudiante.

En la Tabla 2.1 se presenta la tipificación realizada por Oliva (2021), que ofrece una descripción breve y proporciona ejemplos de diferentes estudios acerca de la utilización de diversos recursos utilizados en prácticas de modelización.

Recurso	Descripción	Ejemplificaciones	Casos de estudios
Analogías	Relaciones de similitud entre dos dominios establecidos, uno mejor conocido y más familiar, y otro peor conocido y más alejado de la experiencia.	Símil entre la fotosíntesis y el proceso de elaboración de pan.	Aragón, Oliva y Navarrete (2013); Çalik, Ayas y Coll (2009); Duit (1991); García-Carmona (2020); Orgill y Bodner (2006); Raviolo (2009).
Metáforas	Son analogías no explícitas, sino que subyacen al lenguaje en forma de expresiones y giros lingüísticos.	Expresiones del tipo “nube de carga”, “tren de ondas”, “el corazón bombea”.	Aubusson, Harrison, Ritchie (2006); Duit (1991); Muscari (1988); Raviolo (2009).
Personificaciones	Son un tipo de acciones corpóreas o “embodiments”, en las que los estudiantes usan su propio cuerpo como análogo del sistema representado.	El alumnado hace el papel de molécula para simular el comportamiento de un gas.	Close y Scherr (2015); Johnson-Glenberg <i>et al.</i> (2012); Niebert, Marsch, Treagust (2012); Tuzón y Solbes (2014).
Modelos físicos: maquetas, modelos a escala, modelos mecánicos, dispositivos analógicos	Objetos materiales contruidos para representar un objeto real, normalmente para visualizar, a tamaño diferente, la estructura de un sistema.	Maqueta de un cuerpo humano. Modelos moleculares. Sistema solar en miniatura contruido con plastilina.	Carretero (2010); Couso <i>et al.</i> (2013); Harrison y Treagust (1998); Gómez, Pujol y Sanmartí (2006); Jiménez-Tenorio, Aragón y Oliva (2016); Mendonça y Justi (2013).
Experimentos mentales	Experimentos realizados mentalmente sin necesidad de que se ejecuten realmente	Imaginar qué sucedería al dejar caer un objeto en un ascensor que se desploma.	Clement (2009); Chang <i>et al.</i> , (2009); Gilbert y Reiner (2000); Reiner (1998); Reiner y Gilbert (2000).
Simulaciones y otros recursos digitales dinámicos	Representación dinámica en formato digital del comportamiento de un fenómeno o de un sistema	Animaciones Simulaciones por ordenador, realidad virtual, laboratorios virtuales, realidad aumentada.	Barak y Hussein-Farraj (2013); Cañizares y Pro (2006); Clement, Zietsman, y Monaghan (2005); Merino <i>et al.</i> (2015); Louca y Zacharia (2008); Rutten, Joolingen y Veen (2012).

Tabla 2.1. Algunos recursos de interés para la modelización. Fuente: textual de Oliva (2021)

Este autor destaca que los recursos indicados en la Tabla 2.1

son instrumentos con potencialidad para desencadenar procesos de modelización en ciencias ... [que] ayudan en la visualización y en el acercamiento de ideas abstractas, hacen más cercano y manipulable aquello que es lejano e inaccesible, permiten la reflexión en torno a

situaciones y eventos que son complejos y difíciles de imaginar, posibilitan cambios en la magnitud de escalas de dimensiones y acontecimientos reales a otras más manejables, e incluso hacen posible la experimentación virtual con los sistemas estudiados. (Oliva, 2021, p. 6)

Este autor menciona que estos recursos no solo permiten “la construcción de modelos por parte de los estudiantes, sino también aportan a la realización de prácticas de modelización, al desarrollo del razonamiento científico y a la progresión hacia visiones más ajustadas sobre la naturaleza de la ciencia” (p. 6).

En síntesis, resulta de interés para este trabajo presentar a las estudiantes la mencionada tipificación, ya que funciona como un estímulo tanto para que puedan interactuar con una amplia variedad de recursos, como para que puedan pensar con amplitud en la implementación de estos u otros recursos en sus futuras intervenciones didácticas.

2.3 El Modelo Interconectado de Crecimiento Profesional Docente

Se utilizó como marco metodológico el Modelo Interconectado de Crecimiento Profesional Docente (IMPTG, por sus siglas en inglés), diseñado por Clarke y Hollingsworth (2002) quienes proponen que el enfoque central del desarrollo profesional se alinee con la perspectiva del “cambio como crecimiento o aprendizaje” (p. 948, la traducción es mía) y además especifican que se enmarcan en “una perspectiva cognitiva o situativa sobre el aprendizaje” (Clarke, 2001; como se citó en Clarke & Hollingsworth, 2002, la traducción es mía). Aclaran que “dado el contexto profesional en el que se produce la práctica docente, una perspectiva situada con sus asociaciones de aprendizaje ofrece una teoría atractiva del aprendizaje del profesorado y, por consiguiente, del cambio o crecimiento del profesorado” (p. 955, la traducción es mía).

El modelo descrito cumple al menos tres funciones (p. 957):

- *Herramienta analítica* para la categorización de datos sobre el cambio en los docentes: en términos de datos específicos para cada uno de los cuatro dominios de cambio, en términos de la identificación empírica de los procesos por los cuales el cambio en un dominio se asocia con el

cambio en otro y en términos de la identificación de patrones estructurales en el crecimiento profesional docente.

- *Herramienta predictiva*: el modelo plantea la posibilidad de secuencias de cambio particulares y redes de crecimiento, no necesariamente evidentes en los datos, cuya posibilidad puede investigarse empíricamente o promoverse prácticamente en estudios experimentales. Esta capacidad especulativa dentro del modelo también incluye la sugerencia de mecanismos mediante los cuales se podría promover el cambio docente y posibles vías, aún no explotadas, para el desarrollo profesional de los docentes.
- *Herramienta de interrogatorio*: el modelo facilita la formulación de preguntas teóricas y prácticas específicas, tales como: "¿Cuáles son las posibles vías que conducen al cambio en el conocimiento, las creencias o las actitudes del profesor?" o "¿Cuál es el papel que juega el marco teórico existente del profesor en el proceso por el cual se interpretan las consecuencias de la experimentación en el aula?" o, más específicamente, "¿Cuáles son los resultados de las nuevas prácticas que un profesor en particular considera que son sobresalientes para él? ¿Qué factores en el contexto escolar limitan la capacidad o inclinación de los maestros para reflexionar sobre la eficacia de su práctica?"

Recuperando la mirada de estos autores, esta tesis se inscribe dentro de una línea de trabajo que se está desarrollando en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Con esta se busca realizar el siguiente movimiento: ir desde aquellos programas de formación ya establecidos (acordes con una teoría y metodología previamente fijadas, y que por lo tanto no serán sometidas a discusión), hacia otros que tiendan a que los docentes en formación transiten esta etapa como "aprendices activos que dan forma a su crecimiento profesional a través de la participación reflexiva en programas de desarrollo profesional y en la práctica" (Clarke & Hollingsworth, 2002, p. 948, la traducción es mía).

Este modelo ofrece un heurístico para la interpretación de los cambios que se van sucediendo a lo largo del tramo de formación inicial docente seleccionado para esta investigación. El IMPTG describe los procesos de formación

mediante cuatro dominios (Figura 2.1) que interactúan entre sí por medio de procesos reflexivos. Los dominios son: el dominio personal (DPe), conformado por los conocimientos, creencias y actitudes; el dominio externo (DE), conformado por fuentes externas de información y estímulos; el dominio de la práctica (DPr), que refiere a todas las formas de experimentación profesional; y el dominio de la consecuencia (DC), conformado por resultados destacados, relacionados con la práctica en el aula. Con relación al dominio de la práctica, Clarke y Hollingsworth (2002) señalan que, aunque a menudo se lo limita a la experiencia de las profesoras y los profesores en el aula, la experimentación profesional no queda circunscrita a dicho ámbito; en este sentido, el DPr incluye instancias previas de pasaje por el sistema educativo.

El IMPTG reconoce la complejidad del crecimiento profesional a través de la identificación de múltiples vías de crecimiento entre los dominios. Su naturaleza no lineal, y el hecho de que reconoce el crecimiento profesional como un proceso de aprendizaje inexorable y continuo, distingue este modelo de otros identificados en la literatura de investigación.

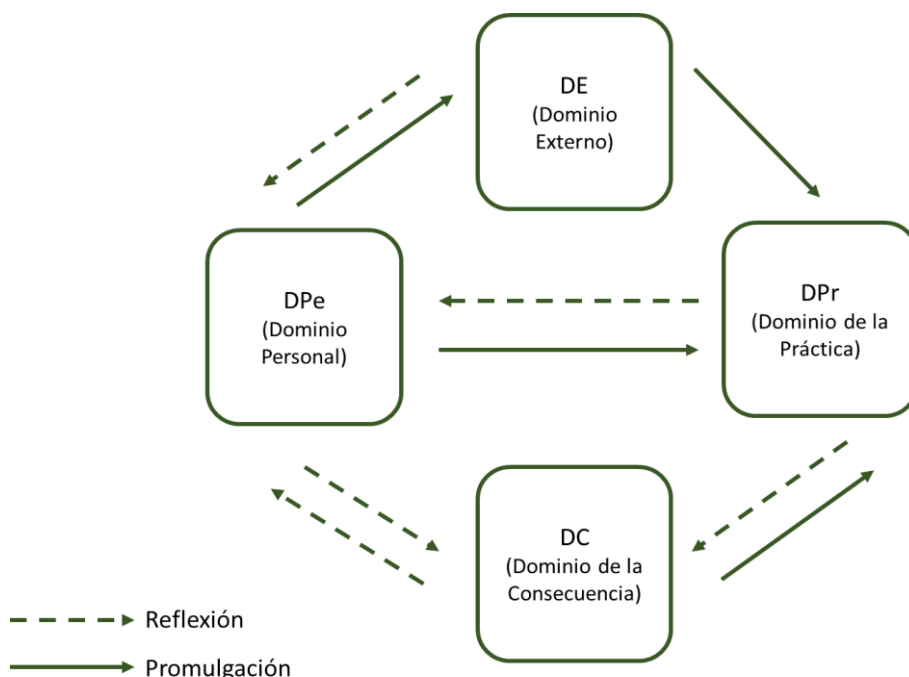


Figura 2.1. Relaciones entre los dominios del IMPTG. Fuente: Clarke y Hollingsworth, 2002.

Por lo tanto, a partir de este modelo se puede describir y analizar la construcción del conocimiento profesional de los docentes en formación en

términos de problematizaciones y cambios dentro de y entre esos cuatro dominios. Todo ello se describe a través de dos mecanismos teóricos específicos: la promulgación y la reflexión. Por promulgación se hace referencia a algo que un docente hace o dice como resultado de lo que el docente sabe, cree o ha experimentado; por reflexión, al conjunto de actividades mentales realizadas para construir o reconstruir experiencias, problemas, conocimientos o percepciones (Van Woerkom, 2003).

Cabe señalar que, según Clarke y Hollingsworth (2002), tanto la reflexión como la promulgación pueden adoptar diversas formas. La conexión reflexiva entre el dominio de la práctica y el dominio de la consecuencia típicamente tiene el carácter de inferencia o interpretación del docente. Por ejemplo, “la experimentación docente que implica un aumento de la conversación de los estudiantes puede ser interpretada por un maestro como un cambio en el nivel de ruido del aula, y por otro maestro como un cambio en la participación de los estudiantes” (p. 956, la traducción es mía). Dado que el mismo comportamiento social manifiesto está abierto a una interpretación tan dispar, es el cambio interpretado, en lugar de cualquier cambio observable, lo que es crucial para el cambio posterior en el conocimiento y las creencias de los docentes.

Capítulo 3. Metodología

La investigación se realizó desde un enfoque cualitativo pues, atendiendo a las particularidades de este trabajo, resultó pertinente recurrir a un tipo de indagación interpretativa y reflexiva que “se centra en la práctica real, situada, y se basa en un proceso interactivo en el que intervienen el investigador y los participantes” (Vasilachis de Gialdino, 2006, p. 29). En consonancia, entonces, con el paradigma interpretativo, se buscó comprender la construcción del conocimiento profesional docente desde la perspectiva de las participantes.

Se llevó a cabo un estudio exploratorio-descriptivo, centrado en un diseño metodológico correspondiente al estudio de casos instrumental (Stake, 2012). Se elige este diseño ya que se busca analizar la peculiaridad de cada situación reflexiva a través de una descripción densa y profunda de los casos seleccionados, en pos de comprender un fenómeno que los trasciende como es el estudio de las mediaciones que promueven cambios en el desarrollo profesional en el contexto de una propuesta de formación docente centrada en prácticas reflexivas.

En los siguientes apartados, se presentan los casos bajo estudio, así como también una descripción pormenorizada de la propuesta de formación diseñada e implementada en la presente tesis, los instrumentos de recolección de datos y las categorías consideradas en el análisis deductivo de los datos con sus respectivos indicadores. El análisis inductivo se detalla en el capítulo 4, correspondiente a los resultados.

3.1 Descripción de los casos

Los casos fueron escogidos entre un grupo de estudiantes de la carrera de Profesorado en Matemática de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Mar del Plata que se encontraban cursando Didáctica de la Matemática en el ciclo lectivo 2021. Para la selección, se siguieron criterios de factibilidad relacionados con la posibilidad de riqueza informativa, accesibilidad a los estudiantes y su aceptación de participar (Stake, 2012). Atendiendo a este último criterio, resulta pertinente mencionar que se tiene el consentimiento informado de los casos que a continuación se describen.

Los dos casos seleccionados, denominados E1 y E2, se caracterizan por ser docentes en formación que, al momento de comenzar a cursar Didáctica de la Matemática, ya han cumplimentado prácticamente con la totalidad de las asignaturas correspondientes a los tramos de formación disciplinar y pedagógico del profesorado. Ambas participantes coinciden en su interés por participar del presente proyecto y en tener como propósito personal continuar cursando, en el siguiente cuatrimestre, Prácticas Docentes 1 de Matemática. Esto último resultó fundamental para la selección de los casos a fin de garantizar la continuidad de la investigación durante todo el tramo formativo considerado para esta investigación. Otra coincidencia entre E1 y E2 es que ninguna de ellas había tenido experiencias previas dentro del sistema educativo formal, ni se desempeñaba profesionalmente al momento de la investigación. Por último, cabe señalar que E1 y E2, al comienzo de la cursada de Didáctica de la Matemática, se diferenciaron en cuanto a sus maneras de pensar una situación didáctica: E1 resultó ser más creativa durante las instancias de diseño y selección de métodos y estrategias de enseñanza, mientras que E2 se mantuvo dentro del marco de un tipo de enseñanza de corte más tradicional.

3.2 Instrumentos de recolección de datos

Los datos fueron obtenidos, principalmente, a partir de dos instrumentos de recolección de datos: Cuestionarios de preguntas abiertas y los autorreportes de las participantes, los que fueron volcados en el Diario de clase.

El Diario de clase se considera especialmente significativo ya que se trata de un documento en el que los docentes en formación recogen sus impresiones sobre lo que va sucediendo durante su trayecto formativo (cf. Zabalza, 2004). De acuerdo con Porlán y Martín (2000), resulta una especie de “guía para la reflexión sobre la práctica, favoreciendo la toma de conciencia del profesor sobre su proceso de evolución y sobre sus modelos de referencia” (p. 23). A su vez, permite resignificar la práctica al establecer conexiones significativas entre las dos dimensiones del conocimiento profesional consideradas para este trabajo de tesis: Saberes para la enseñanza y Saberes sobre la enseñanza.

En cuanto a los cuestionarios de preguntas abiertas, al no delimitar previamente las alternativas de respuesta, posibilitan profundizar sobre distintas cuestiones que hacen al entorno de la presente investigación, así como también extender el análisis a otras categorías no contempladas a priori. Cada uno de los instrumentos se adjuntan en el Anexo 2.

3.3 Diseño de la Investigación

Para el desarrollo de la presente tesis, se tuvo en cuenta, por un lado, la necesidad de profundizar en indagaciones que contemplen propuestas explícitamente estructuradas para la promoción de la reflexión; por el otro, la intención de trascender sobre experiencias aisladas y de captar aquellos factores críticos para el desarrollo reflexivo y las mediaciones que permitan desarrollar el conocimiento profesional docente. En este sentido, considerando que existen resultados incipientes pero alentadores de desarrollo de las capacidades reflexivas docentes cuando la “aproximación metodológica es autorreporte” (Rufinelli, 2017, p. 107), se diseñó y puso en práctica una propuesta de formación docente mediada por prácticas reflexivas para la enseñanza de modelos y modelización para abordar el objetivo general².

Dicha propuesta de formación fue implementada a lo largo de dos fases, que se desarrollaron durante dos cuatrimestres, dentro de las asignaturas Didáctica de la Matemática (Fase 1), en el primer cuatrimestre, y Prácticas Docentes 1 de Matemática (Fase 2), en el segundo cuatrimestre. Ambas asignaturas conforman el trayecto formativo previo a la residencia docente (Prácticas Docentes 2 de Matemática) del Profesorado en Matemática de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Durante la propuesta de formación (Figura 3.1) se planificaron diversas actividades acompañadas de estrategias de enseñanza (Davini, 2008) que buscaron ofrecer oportunidades y andamios para construir y desarrollar el conocimiento profesional docente. Estas actividades y estrategias, que

²Estudiar las dinámicas de cambio en el conocimiento profesional sobre modelos y modelización, en docentes en formación del Profesorado en Matemática de la Universidad Nacional de Mar del Plata, promovidas a partir de la implementación de una propuesta de formación docente mediada por prácticas reflexivas.

constituyen los *estímulos externos*, se implementaron entre las dos asignaturas que conforman el trayecto formativo estudiado, y consistieron en:

a) asistencia a clases teórico-prácticas: durante estas clases se abordó, a través de una perspectiva dialógica (Alexander, 2004; Aliberas, 2006), el tópico modelos y modelización en la enseñanza de las ciencias exactas y naturales.

b) escritura del diario de clase: en dicho instrumento fueron volcadas diversas narrativas que dieron cuenta de los procesos reflexivos que atravesaron los docentes en formación durante dicha propuesta.

c) cuestionarios de preguntas abiertas: se relevaron datos acerca de los cambios vinculados al conocimiento profesional percibidos por las docentes en formación, desarrollada en el marco de la propuesta formativa. Fueron utilizados de manera específica luego de las observaciones de aula, simulacros e intervenciones.

d) trabajo práctico: consistió en la *elaboración de una secuencia didáctica* para la enseñanza de modelos y modelización, transversal a todo el trayecto formativo.

e) implementación de simulacros: se trata de una instancia formativa durante la cual las docentes en formación sometieron a consideración del grupo de trabajo su secuencia didáctica, durante el trayecto correspondiente a la introducción a la práctica profesional.

f) observaciones de aula: las participantes realizaron observaciones en el curso en el que posteriormente llevarían a cabo su intervención docente.

g) intervención docente: constituye la primera experiencia de actuación profesional de manera tal que las docentes en formación se encuentren con problemas prácticos concretos en contextos reales.

Con estas actividades y estrategias, se buscó promover *procesos reflexivos* de manera tal que los docentes en formación fueran construyendo su conocimiento profesional sobre la base de explicitar sus propias concepciones y saberes, poniéndolos en diálogo permanente con los nuevos conocimientos que les va proporcionando la carrera, las actividades que van realizando y las primeras experiencias de práctica.

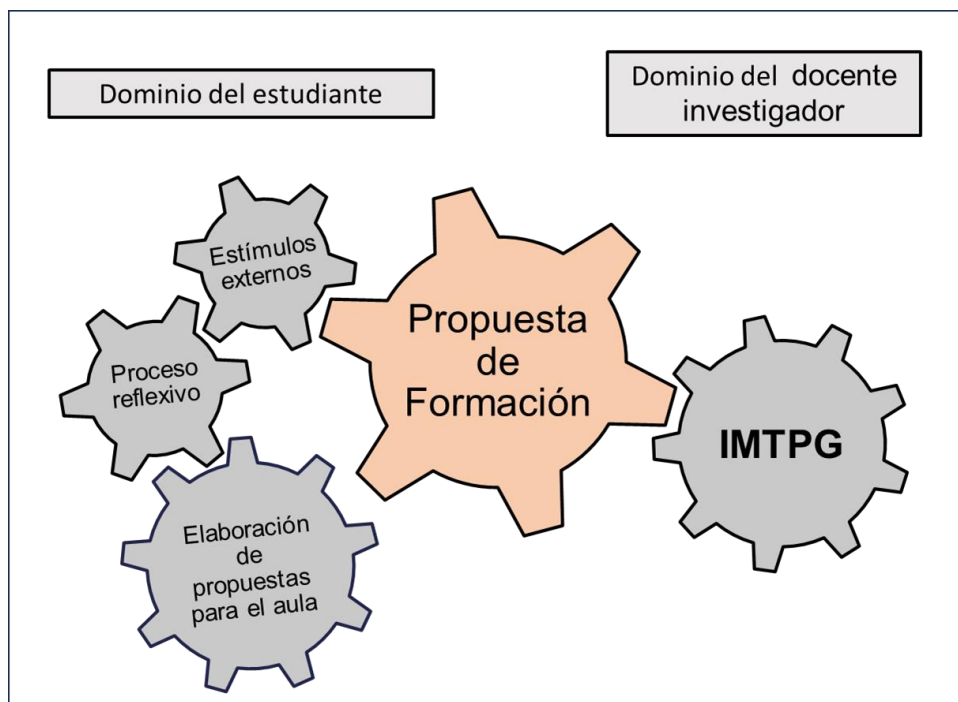


Figura 3.1. Síntesis de la propuesta de formación diseñada. Fuente: elaboración propia

Las reflexiones elaboradas por las participantes a partir de los estímulos externos generados por las actividades y estrategias detalladas anteriormente, fueron analizadas desde la lente del IMTPG.

En síntesis, la idea fundamental de la propuesta de formación consistió en diseñar un contexto formativo, que formó parte del Dominio Externo de acuerdo con el IMTPG, tendiente a promover distintos niveles de reflexión (Hatton & Smith, 1995) durante las fases consideradas para este trabajo. El resto de los dominios del IMTPG, se fueron abordando en diferentes instancias del trayecto formativo.

3.3.1 Fase 1: Durante el aprendizaje de contenidos teóricos de didáctica de la matemática y las ciencias naturales

En el transcurso de esta fase, y con el propósito de abordar el primer objetivo particular³, se diseñó y puso en marcha una Unidad Didáctica (UD) sobre el tópico Modelos y Modelización dentro de la asignatura Didáctica de la

³ Describir los cambios que se producen en el conocimiento profesional sobre modelos y modelización de los estudiantes del Profesorado en Matemática de la Universidad Nacional de Mar del Plata durante el aprendizaje de contenidos referidos a la didáctica de la matemática.

Matemática (Figura 3.2), centrada en promover procesos reflexivos en las participantes del estudio.

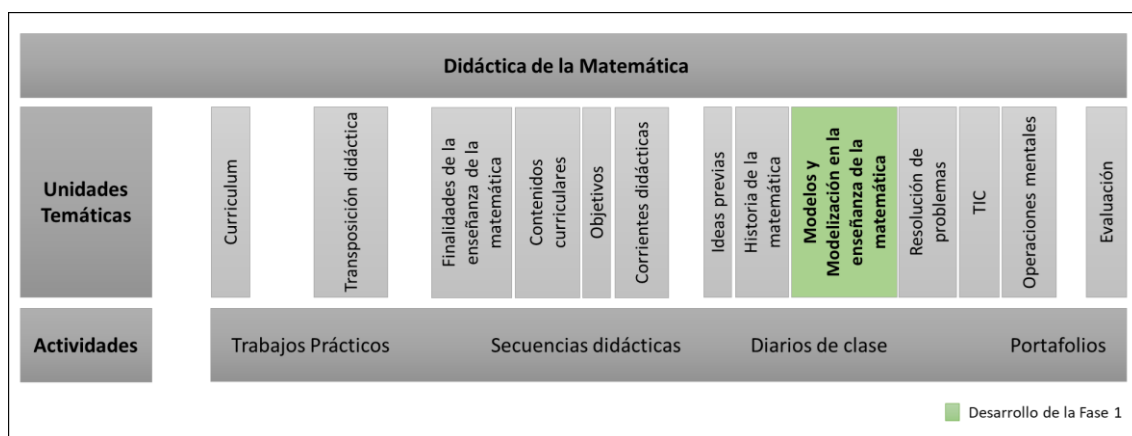


Figura 3.2. *Unidades Temáticas y Actividades de Didáctica de la Matemática.* Fuente: adaptado de Echeverría y García (2022)

Las expectativas de logro de la mencionada UD fueron las siguientes:

- Estimar la utilidad de los modelos como instrumentos racionales e imaginativos para comprender el mundo.
- Reconocer el carácter aproximativo y limitado de los modelos.
- Desarrollar la capacidad de seleccionar el MCE en función de su adecuación a las particularidades del contexto educativo.
- Conocer estrategias de enseñanza que promuevan el uso de modelos como herramienta para describir, entender, predecir, controlar y emitir opiniones sobre distintos fenómenos.
- Adquirir competencias para diseñar una secuencia didáctica en torno al tópico Modelos y Modelización para su implementación en el nivel secundario y/o preuniversitario.

Con respecto a la última expectativa de logro, cabe señalar que, al comenzar esta fase, las docentes en formación debieron presentar una serie de actividades para trabajar el tema Función Cuadrática en el nivel secundario y/o preuniversitario. Posteriormente, y a medida que recorrieron la Unidad Didáctica, estas actividades fueron sufriendo modificaciones hasta convertirse en la primera versión de una secuencia didáctica sobre el mencionado tema, la

que debía cumplir con la condición de que esta implicara la utilización explícita de modelos y la actividad de modelización en el aula.

En cuanto a la mencionada UD (Fase 1), esta operó como estímulo externo para el desarrollo de dicha fase y se organizó en torno a un ciclo reflexivo compuesto por tres etapas (Cutrera & García, 2021): etapa de explicitación, etapa de reestructuración reflexiva y etapa de reestructuración metacognitiva.

3.3.2 Fase 2: Durante la introducción a la práctica profesional

A lo largo de esta instancia desarrollada en Prácticas Docentes 1 de Matemática (Figura 3.3), y con el propósito de abordar el segundo objetivo particular⁴, se retomó la secuencia didáctica desarrollada en Didáctica de la Matemática, la cual siguió el proceso de modificación iniciado en dicha asignatura, pero con la peculiaridad de que las modificaciones realizadas en esta fase fueron realizadas pensando en un grupo particular de estudiantes. A saber, las docentes en formación realizaron observaciones en un curso preuniversitario de ingreso a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Mar del Plata para poder terminar de afinar su secuencia didáctica, realizando los cambios pertinentes en función de las características del grupo.

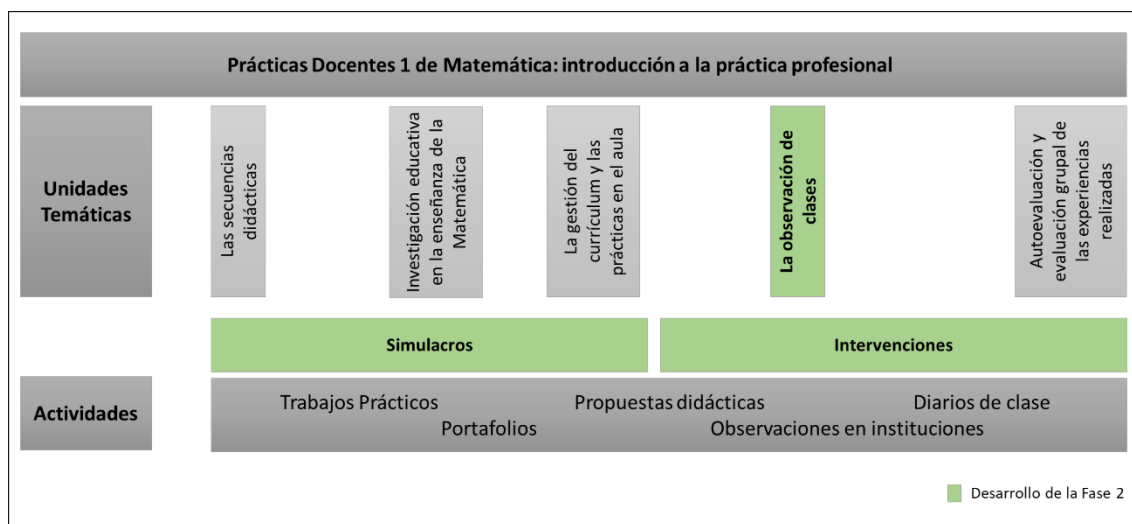


Figura 3.3. Unidades Temáticas y Actividades de Prácticas Docentes 1 de Matemática. Fuente: elaboración propia.

⁴ Describir los cambios que se producen en el conocimiento profesional sobre modelos y modelización de los estudiantes del Profesorado en Matemática de la Universidad Nacional de Mar del Plata a medida que transitan el inicio a la práctica docente.

Esta fase se dividió en dos instancias:

- Simulacro: En el transcurso de esta instancia, las docentes en formación implementaron su secuencia frente a su grupo de compañeros y docentes, realizando las modificaciones pertinentes a partir de las sugerencias del grupo en cuestión, de cara a la Instancia de Intervención.
- Intervención: Durante esta instancia, las docentes en formación implementaron su secuencia didáctica en el aula real de estudiantes que habían observado previamente.

3.4. Recolección y Análisis de datos

3.4.1 Recolección de datos

Durante la Fase 1, se analizaron los diarios de clase elaborados por las docentes en formación durante las etapas de explicitación, de reestructuración reflexiva y de reestructuración metacognitiva. Este análisis se fue realizando a lo largo de la Fase 1, de modo que estos datos sirvieran para la elaboración de cuestionarios de preguntas abiertas implementados durante de la Fase 2.

En la Fase 2, como se detalló anteriormente, las participantes implementaron un simulacro de clase y una intervención, en este orden. Una vez implementado el simulacro junto con una instancia posterior de discusión del mismo entre estudiantes del profesorado, docentes y las participantes, se analizaron las reflexiones obtenidas de los cuestionarios de preguntas abiertas implementados para dicha instancia, las que fueron volcadas en los diarios de clase. Luego, tras la instancia de intervención, se aplicó un nuevo cuestionario para identificar y analizar las reflexiones surgidas de esta última experiencia docente.

3.4.2 Análisis de datos

Para el proceso general de análisis de los datos, se empleó el modelo descrito por Miles, Huberman y Saldaña (2013) que involucra instancias de reducción/condensación de datos, visualización de datos, extracción de conclusiones y verificación/validación de conclusiones (Figura 3.4).

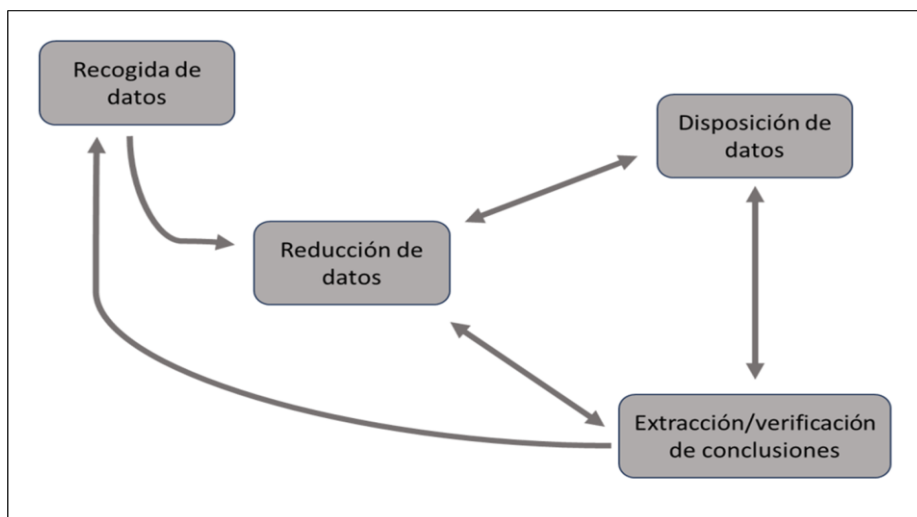


Figura 3.4. *Tareas implicadas en el análisis de datos. Fuente: textual de Miles y Huberman (1994)*

Tanto en la Fase 1 como en la Fase 2, se utilizó la técnica de análisis de contenido (White & Marsh, 2006) de los documentos elaborados por las estudiantes, con el propósito de abordar los objetivos particulares 1 y 2, a través de los siguientes pasos:

1. Selección de unidades de muestreo
2. Identificación de unidades de registro (Mayring, 2000) teniendo en cuenta indicadores de cambio según el MICPD y las dimensiones del conocimiento profesional docente consideradas para esta investigación, acompañadas de las respectivas unidades de contexto.
3. Categorización: Se realiza de manera deductiva a partir de un conjunto de categorías definidas a priori en función de los objetivos planteados. Se dejó abierta la posibilidad para que, de manera inductiva, se puedan inferir nuevas categorías.

3.4.3 *Categorías de análisis*

A partir de los constructos de interés considerados para este estudio, se definieron deductivamente dos categorías: “modelos” y “modelización”.

Para cada una de estas categorías, se tuvieron en cuenta diversos elementos a los efectos de realizar una clasificación de la información recogida a través de los distintos instrumentos utilizados. Así, se consideró incluir dentro de:

- Modelo, a aquellas intervenciones que hicieran referencia a: definición de modelo, entidades que conforman los modelos, variación de los modelos en el tiempo, alcance de los modelos. Es decir, se buscarán rasgos que permitan recuperar la idea de modelo dentro de las corrientes desarrolladas en el marco teórico.
- Modelización, a aquellas intervenciones que hicieran referencia a: definición de modelización, uso de modelos en el aula, características de la modelización, adecuación de los modelos al contexto de enseñanza.

3.4.4 Adaptación del IMPTG

En función de la especificidad de esta propuesta de formación, fue necesario realizar una adaptación del modelo, en lo concerniente al Dominio de la Práctica (DPr). Recuperando la distinción propuesta por Zwart *et al.* (2007), se consideró dividir al DPr en los subdominios denominados de preparación y enseñanza.

En el subdominio D_pPr se consideraron los planes de clase que las participantes diseñaron para el aula y las clases aisladas (Instancia de Simulacro) en la etapa previa a la práctica en una situación real (Instancia de Intervención), junto con los documentos que contienen las reflexiones realizadas a partir de la producción y la actuación.

En el subdominio D_ePr se consideró para el análisis la implementación de la secuencia didáctica en la Instancia de Intervención, así como también los distintos materiales que contienen las reflexiones de las estudiantes.

3.4.5 Identificación de promulgaciones y reflexiones

Para comenzar el estudio de los datos surgidos a partir del análisis de contenido de los distintos instrumentos implementados en la investigación, se procedió, en primer lugar, a identificar promulgaciones y reflexiones entre los dominios del IMPTG, denominadas vías de cambio. Para esto se utilizaron los criterios detallados en la Tabla 3.1, que fueron adaptados a partir de la propuesta de Justi y Van Driel (2006).

<i>Tipo de relación y Dominios involucrados</i>	<i>Criterio considerado para evidenciar la relación</i>
Promulgación DPe al DE	Cuando un aspecto específico de las concepciones o conocimientos iniciales de la estudiante influenció en lo que dijo o hizo durante las actividades de aprendizaje que participó.
Reflexión DE al DPe	Cuando sucedió algo durante las actividades de aprendizaje que modificó las concepciones o conocimientos iniciales de la estudiante.
Promulgación DE al DPr	Cuando algo que sucedió durante las actividades de aprendizaje influenció en lo que ocurrió en la práctica de enseñanza de la estudiante
Promulgación DC al DPr	Cuando un resultado específico en la práctica de enseñanza de la estudiante hizo que considere cómo la modificaría en el futuro o en el momento mismo de la práctica.
Reflexión DPr al DC	Cuando la estudiante advirtió y reflexionó sobre algo que hizo o que sucedió durante una práctica de enseñanza que produjo resultados específicos, por ejemplo: aprendizaje logrado, gestión de aula, motivación en alumnos, evolución de los alumnos.
Reflexión DC al DPe	Cuando la estudiante reflexionó sobre un resultado específico durante una práctica de enseñanza, lo cual produjo un cambio en algún aspecto específico de sus conocimientos o concepciones iniciales, o cuando una reflexión evaluativa sobre los resultados llevó a un cambio en la cognición

Reflexión DPe al DC	Cuando un aspecto específico de la cognición de la estudiante le ayudó a reflexionar al analizar un resultado específico obtenido en una práctica de enseñanza
Promulgación DPe al DPr	Cuando un aspecto específico de la cognición o concepciones de la estudiante influyó en algo que ocurrió durante una práctica de enseñanza
Reflexión DPr al DPe	Cuando algo que la estudiante hizo en una práctica de enseñanza produjo una modificación en su cognición o concepciones, previo a la reflexión sobre los resultados en el aula

Tabla 3.1. *Criterios establecidos para considerar cuándo se evidencia una relación de promulgación o reflexión entre los dominios del IMPTG. Fuente: adaptados de Justi y Van Driel (2006)*

3.4.6 Identificación de las dimensiones del conocimiento profesional docente

Partiendo de la idea de que el desarrollo profesional implica aumentar y complejizar los conocimientos, explicitando y, eventualmente, redescubriendo creencias que se reflejan en nuevas acciones, se observaron los cambios desde los dos componentes del conocimiento profesional docente considerados para este trabajo (Saber sobre la enseñanza y Saber para la enseñanza), de manera tal de evidenciar no solo en qué dominios se produjeron los desarrollos sino, también, cuáles fueron sus características. Para esto se establecieron los indicadores expresados en la Tabla 3.2. Cabe aclarar que dichas dimensiones fueron consideradas para cada una de las categorías mencionadas anteriormente.

	Dimensiones vinculadas al cambio	Indicador
Conocimiento profesional docente	Saberes para la enseñanza	<p>“No imaginaba que...., me sorprendió que...”</p> <p>“Me di cuenta que”</p> <p>“Me faltó agregar....”</p> <p>“Me permitió reconocer errores”</p> <p>“Pude aprender”</p>
	Saber sobre la enseñanza	<p>“No los tenía en cuenta hasta que....”</p> <p>“Mi concepción sobreera...”</p> <p>“Nunca me había detenido a pensar....”</p> <p>“Con lo que aprendí en.....pude incluir en mi propuesta.....”</p> <p>“Voy a modificar las actividades...”</p> <p>“Pude adaptar actividades...”</p> <p>“Pude incluirla en mi propuesta didáctica...”</p>

Tabla 3.2. Dimensiones relacionadas a los cambios reconocidos por las estudiantes e indicadores asociados. Fuente: elaboración propia.

Capítulo 4. Resultados y discusión

En el presente capítulo se analizan y caracterizan los datos⁵ provenientes de los distintos instrumentos implementados durante las dos fases correspondientes a la propuesta de formación diseñada para este trabajo de tesis: Fase 1 (durante Didáctica de la Matemática) y Fase 2 (durante Prácticas Docentes 1 de Matemática). En cada fase se presentan los resultados de las reflexiones de las docentes en formación (E1 y E2) en torno a las dos categorías establecidas a priori: modelos y modelización y, posteriormente, se presentan los resultados con relación a categorías que surgieron de manera inductiva. Dichas reflexiones, volcadas en los diarios de clase, fueron leídas desde el IMTPG. Los cambios encontrados que evidencian relaciones entre dominios del IMTPG se representan en pictogramas. Cabe aclarar que, en dichos pictogramas, la adaptación del DPr (diferenciación entre los subdominios de preparación y de enseñanza) solo se visualiza en los momentos en que resulta pertinente. Es decir, si no se evidenciaron relaciones con dicho dominio, en el pictograma figura DPr; en el caso en que se establecieran relaciones con este dominio, se hará la diferenciación pertinente (D_pPr, en el caso del subdominio de la preparación, D_ePr en el caso del subdominio de la enseñanza, o aparecerán en el pictograma los dos subdominios si así fuese necesario).

Durante la presentación de los resultados, se va retomando la propuesta de formación, con el propósito de dimensionar su influencia en la construcción del conocimiento profesional docente de las participantes.

4.1 Caracterización de los cambios en el conocimiento profesional docente relacionados con el uso de modelos

A fin de cumplir con el primero de los objetivos específicos⁶, se presentan los resultados obtenidos del análisis de las reflexiones de las docentes en formación respecto del uso de modelos.

⁵ Disponibles en el siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1PzAHo6DervBQhAc72eL9tp09n0XWgeNT?usp=sharing>

⁶ Describir los cambios en el conocimiento profesional de los docentes en formación relacionado con el uso de modelos en la enseñanza, que se evidencian a partir de sus reflexiones, a medida que transitan el tramo formativo previo a la residencia docente.

4.1.1 Durante la Fase 1

Con respecto a esta instancia formativa desarrollada a lo largo de la cursada de Didáctica de la Matemática, en la Figura 4.1 y en la Figura 4.2 se muestran los pictogramas que identifican y cuantifican los cambios vinculados a los procesos de formación sobre la categoría modelo, reconocidos por E1 y E2 respectivamente, a partir de sus propias producciones. Tanto en el caso de E1 como en el caso de E2, las relaciones se presentaron entre el dominio personal y el dominio externo del IMPTG (en E1, $n=9$, que corresponde a 5 reflexiones y 4 promulgaciones; para E2, $n=6$, que corresponde a 3 reflexiones y 3 promulgaciones).

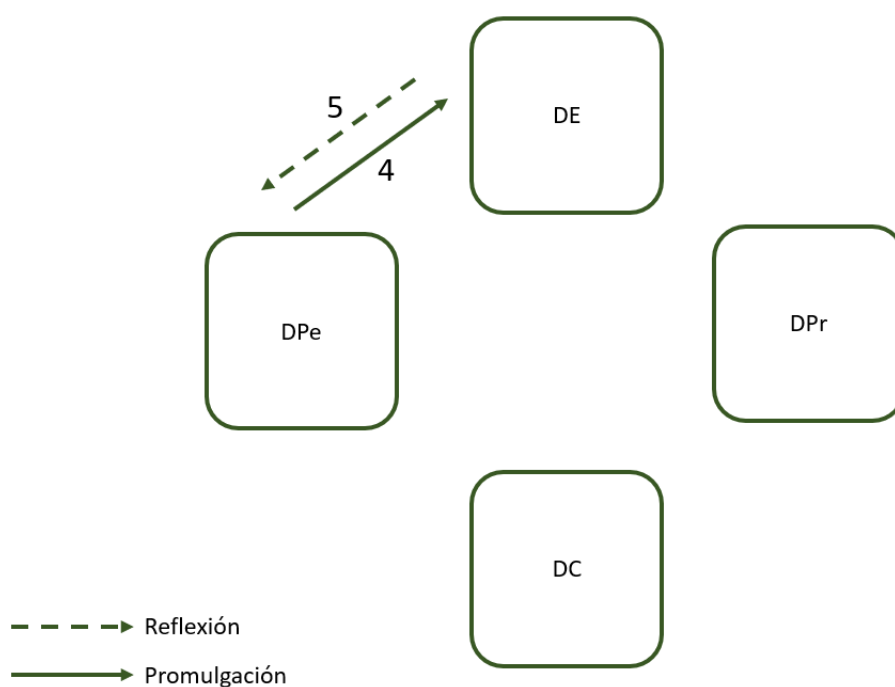


Figura 4.1. Cambios vinculados a los procesos de formación de E1 en torno a la categoría Modelo durante la Fase 1. Fuente: elaboración propia.

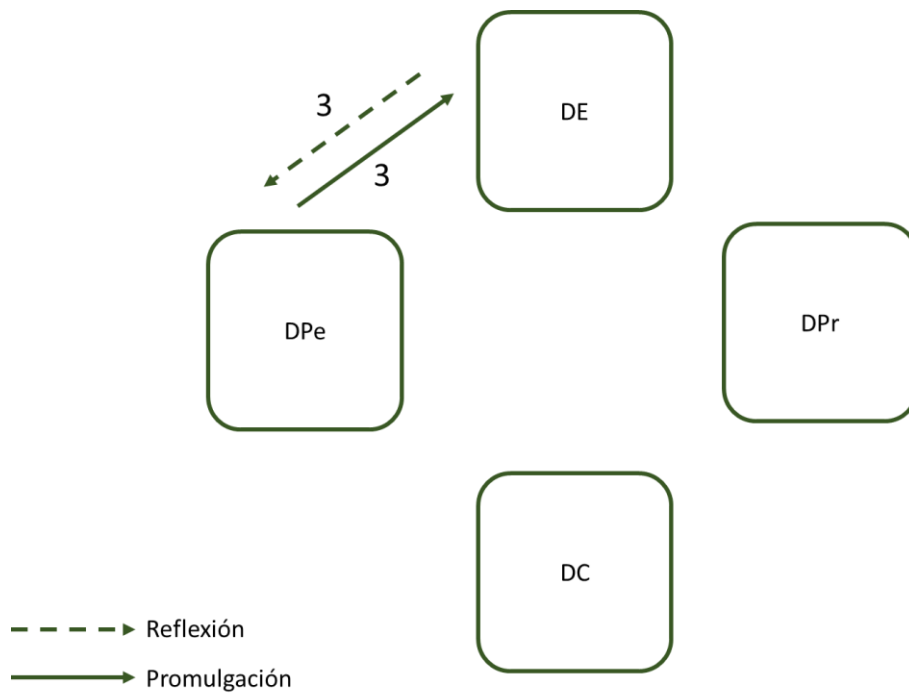


Figura 4.2. Cambios vinculados a los procesos de formación de E2 en torno a la categoría Modelo durante la Fase 1. Fuente: elaboración propia.

Una primera consideración a tener en cuenta es que las relaciones entre los dominios, en ambas estudiantes, se dieron entre el DPe y el DE. Esto resulta esperable porque, como la Fase 1 se desarrolló durante Didáctica de la Matemática, las expectativas de las estudiantes, con relación a dicha asignatura, están orientadas a la preparación previa a la práctica docente, es decir lo referido a conocimientos de estrategias, recursos, modelos de enseñanza y de aprendizaje, entre otros contenidos referidos a la didáctica, lo que es posible nuclear en el Dominio Personal. En el mismo sentido, Justi y Van Driel (2006) especifican que, al comienzo de una instancia formativa, el DE suele impactar fuertemente en el DPe.

Al desglosar las mediaciones entre los dominios en términos de las dimensiones del conocimiento profesional docente consideradas en esta investigación, se pudo observar que, para esta categoría, tanto en el caso de E1 como en E2, fue posible identificar las dos dimensiones tenidas en cuenta. A continuación, se transcriben algunas expresiones que permiten evidenciar los cambios reconocidos por E1 (Figura 4.3) y por E2 (Figura 4.4) en torno a su

conocimiento profesional sobre la categoría modelo en términos de promulgaciones y reflexiones:

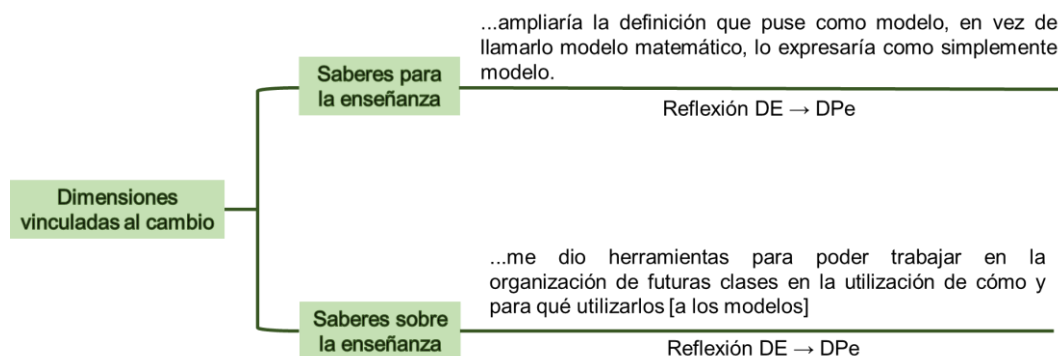


Figura 4.3. Cambios reconocidos por E1 en torno a su conocimiento profesional sobre la categoría Modelo durante la Fase 1. Fuente: elaboración propia.

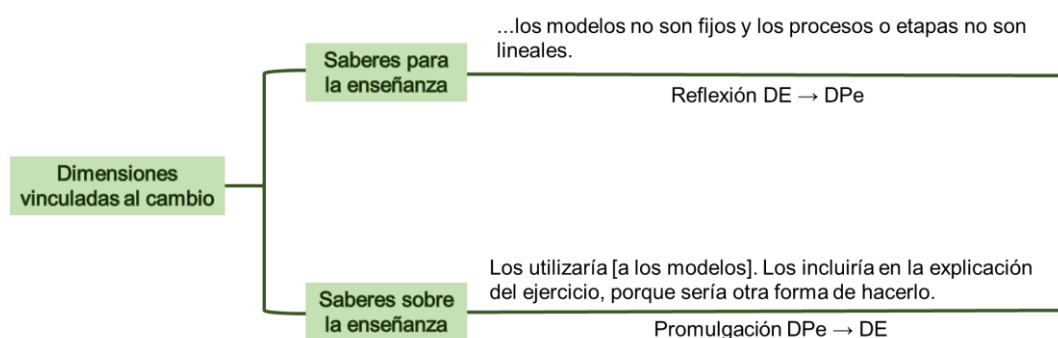


Figura 4.4. Cambios reconocidos por E2 en torno a su conocimiento profesional sobre la categoría Modelo durante la Fase 1. Fuente: elaboración propia.

Para ahondar en el estudio de los cambios encontrados y caracterizarlos, se analiza a continuación el contenido de dichos cambios.

Al comienzo de esta Fase, se indagó a E1 y E2 acerca de qué entendían sobre el tópico modelo, a partir de la siguiente pregunta plasmada en el diario de clase de las participantes: *¿Qué es un modelo? Describí brevemente un ejemplo de modelo.*

E1 respondió lo siguiente:

“Un modelo matemático es una fórmula o ecuación que describe un fenómeno natural/físico etc.” (Promulgación DPe → DE)

Como se puede ver, y en línea con el desarrollo teórico presentado (capítulo “Constructo teórico: Modelos y Modelización”), la noción de E1 sobre el concepto de modelo, se corresponde con la perspectiva propia de las ciencias

formales, a la que recurre la concepción heredada para interpretar la realidad, donde un modelo se reduce a una estructura sintáctica (Klimovsky & Boido, 2005). La concepción sobre modelo presentada por E1, es coherente con su formación inicial: se encuentra sobre el final de la carrera y recién en estas instancias (como por ejemplo la asignatura Didáctica de la Matemática) comienza a “correrse” de su formación puramente axiomática-formal, para comenzar a darle sentido a sus conocimientos adquiridos. Cabe aclarar que, a pesar de haber cursado la materia Modelización en el tramo de la formación disciplinar, la misma no lleva a problematizar el concepto de modelo ni a darle sentido a la actividad de modelización, sino que solo se aplican modelos a situaciones concretas sin una reflexión sobre el trabajo realizado. Por otra parte, en el tramo de la formación inicial, particularmente en la asignatura Didáctica de la Matemática, el docente en formación busca certezas con relación a las estrategias didácticas que le den cierta previsibilidad al tramo posterior, el de las prácticas docentes. Por lo antes planteado, es lógico que toda traducción de la realidad la relacione con elementos propios de la matemática y no posea una noción más amplia de la categoría modelo. Posteriormente, dio un ejemplo de modelo ($F=ma$) que manifestó haber trabajado en una clase de física (sin especificar la instancia académica). Recurriendo a su biografía escolar, E1 ejemplificó con un modelo que utilizó en la secundaria, pero que no fue presentado como un modelo:

“ $y=mx+b$, ecuación que representa a las funciones lineales, las cuales se utilizan para analizar ciertas situaciones expresadas es distintos problemas, no me lo presentaron en ningún momento como modelo matemático en la secundaria, simplemente trabajamos aplicándolo en la resolución de dichos problemas, ya conociendo esa fórmula.”
(Promulgación DPe → DE)

Si observamos en la Figura 4.3 presentada anteriormente, se puede advertir un cambio en su concepción sobre el concepto de modelo, ya que al finalizar la Fase 1, y ante la pregunta acerca de si modificaría su respuesta inicial, mencionó que:

“...ampliaría la definición que puse como modelo, en vez de llamarlo modelo matemático, lo expresaría como simplemente modelo, cambiaría

también lo que describe y cuanto, expresando que representa parcialmente y no totalmente como exprese antes y no solo fenómenos naturales, físicos etc.. sino que también puede ser un objeto, un evento, un fenómeno...etc” (Reflexión DE → DPe)

Se puede ver que la estudiante realizó un movimiento desde una concepción puramente formal del término modelo, hacia otra más cercana a la perspectiva semanticista. A saber, explicita una noción más amplia ya que en lugar de hablar de modelo matemático se refiere a “simplemente” modelo, en consonancia con la perspectiva de Giere. Dicha perspectiva habilitó a la docente en formación a visualizar los modelos con una amplia variedad de registros semióticos y no únicamente los lingüísticos (Ariza et al., 2020; Perinez et al., 2020; Acevedo et al., 2021; Mancini et al., 2023). También hace referencia al alcance de los modelos al mencionar que son representaciones parciales (Justi, 2011).

Además, expresó lo siguiente en cuanto a la categoría modelo con relación a su recorrido durante la Fase 1:

“...me dio herramientas para poder trabajar en la organización de futuras clases en la utilización de cómo y para qué utilizarlos [a los modelos]”
(Reflexión DE → DPe)

Lo anterior demuestra la importancia del diseño de una UD, no solo como estrategia para desarrollar, en el tramo formativo, un tópico en particular, sino también por la posibilidad de presentar a los destinatarios un recurso valioso para su futura práctica docente (Soto Alvarado, 2019; Adúriz-Bravo, 2022; Mancini et al., 2023). En este caso en particular, se puede verificar cómo la UD le permitió a E1 dimensionar una forma de trabajar modelos en el aula, de forma más creativa, corriéndose de la manera tradicional que había vivenciado en su formación secundaria. Es decir, se puede pensar que la estudiante, en algún momento de su futuro desarrollo profesional, y frente a una situación problemática planteada en el aula, ya habrá reflexionado previamente sobre la noción de modelo y podrá estimular a sus estudiantes para que construyan o recurran a modelos en sus distintos registros semióticos y no exclusivamente mediante expresiones lingüísticas.

En el caso de E2, su concepción inicial de modelo fue:

“Un modelo es una representación de lo que hay que seguir...”
(Promulgación DPe → DE)

La definición inicial de modelo de E2 es mucho más general que la presentada por E1, casi como si se tratara de una definición de diccionario, aplicable a una diversidad de situaciones. Sin embargo, aunque no refiere a modelo matemático, está en línea con una mirada axiomática propia de las ciencias formales, donde un modelo se comporta como la teoría dice (Díez & Moulines, 1999). A diferencia de E1, su concepción de modelo no puede relacionarse con la formación disciplinar de la carrera, sino más bien es una idea previa que ella manifiesta ante la pregunta “¿qué es un modelo?”.

Luego, ejemplifica diciendo que: “un modelo podría ser el ciclo del agua” (Promulgación DPe → DE). Se podría inferir, a partir de la definición de modelo expresada por E2, que “el ciclo del agua”, fue percibido por ella como una mera representación gráfica de la teoría, donde no se dio la posibilidad de pensar en el concepto de modelo.

Al consultar sobre su biografía escolar, E2 menciona:

“Trabajamos en el laboratorio de la escuela con los estados de la materia, pero nunca fue presentado como un modelo. No recuerdo que nos hayan presentado un modelo en la escuela.” (Promulgación DPe → DE)

Nuevamente se reitera la misma situación que en E1: el modelo trabajado no fue presentado como un modelo, sino que se trabajó de manera implícita.

A diferencia de E1, al consultarle sobre si cambiaría su definición inicial, la participante E2 mencionó que:

“No la cambiaría, quizás la escribiría de otra forma, pero dejaría la misma idea.” (Reflexión DE → DPe)

Aunque al final de la Fase 1 agregó:

“Los aprendizajes logrados fueron que los modelos no son fijos... [pueden cambiar en el tiempo]” (Reflexión DE → DPe)

En el caso de E2, a diferencia de E1, no se evidenció un movimiento hacia la perspectiva semanticista, sino que se mantuvo en su postura formalista inicial.

Además, con relación a si utilizaría esta temática en el aula, sostuvo lo que había mencionado al comienzo de la UD:

“Los utilizaría [a los modelos]. Lo incluiría en la explicación del ejercicio, porque sería otra forma de hacerlo.”

Esta expresión permite inferir que, en esta etapa del recorrido, no se han producido cambios en su noción inicial de modelo; es decir que no ha logrado poner en tensión sus propias concepciones implícitas (Perrenoud, 2011) por lo que no pudo reformularla. Al respecto, dimensiona a los modelos como si fuesen “otra forma” de trabajar en el aula, lejos de concebirlas como un aspecto central para comprender la naturaleza de la ciencia y el lugar que estos ocupan en la construcción del conocimiento. Esta situación podría leerse desde dos lugares diferentes: la educación secundaria y la formación inicial. Con respecto a la educación secundaria, si se consideran los Diseños Curriculares de la Provincia de Buenos Aires, eje estructurante de los materiales de trabajo y las prácticas áulicas, estos enfatizan la importancia del uso de modelos y la actividad de modelización, e incluso le dedican un apartado específico. Sin embargo, luego no retoman dichos tópicos en el caso de matemática, ni sugieren actividades para su abordaje en el aula. Esto puede explicar, en parte, la manera poco entusiasta con la que E2 tomó contacto con los modelos: solo a modo de ilustración en alguna actividad referente a ciencias naturales. Si se pone el foco en la formación inicial, principalmente durante el cursado de las materias disciplinares, en estas los estudiantes tienden a incorporar los saberes de manera acrítica, como una dinámica habitual en esta instancia. Así es como a pesar de haber cursado una asignatura específica sobre modelos y modelización, desconocen que estos temas resultan extremadamente potentes para abordar de manera significativa distintas cuestiones referidas a la enseñanza de la matemática y su vinculación con las ciencias naturales. Esto puede explicar la concepción inicial de las participantes y, en este caso en particular, la dificultad de E2 para desarrollar su conocimiento profesional sobre dicho tópico. Por lo tanto, se advierte en E2 una persistencia de los saberes experienciales, ya consolidados en su biografía escolar, por lo que cabría preguntarse si lo que faltó aquí fue alguna de las actitudes vinculadas al proceso reflexivo: mentalidad abierta, entusiasmo y responsabilidad, o si las mediaciones proporcionadas por el docente/investigador resultaron insuficientes para llegar a modificar aquellas concepciones ya arraigadas

durante su formación previa. En base a lo planteado por Justi y Figueirêdo (2014) sobre los docentes en ejercicio, se podría hacer una analogía con los docentes en formación y plantear que estos últimos también son bastante resistentes a cambios conceptuales, pues tienden a replicar saberes experienciales que han ido consolidando en su propia biografía escolar o durante su formación inicial.

4.1.2 Durante la Fase 2

En cuanto a esta instancia formativa desarrollada a lo largo de la cursada de Prácticas Docentes 1 de Matemática, las relaciones se presentaron entre el DPe y el DE y entre el DPe y el D_pPr (solo para el caso de E1, n=4, correspondiente a 2 promulgaciones y 2 reflexiones). Lo anterior puede observarse en la Figura 4.5. En el caso de E2, no se observaron vías de cambio para la categoría modelo durante esta Fase.

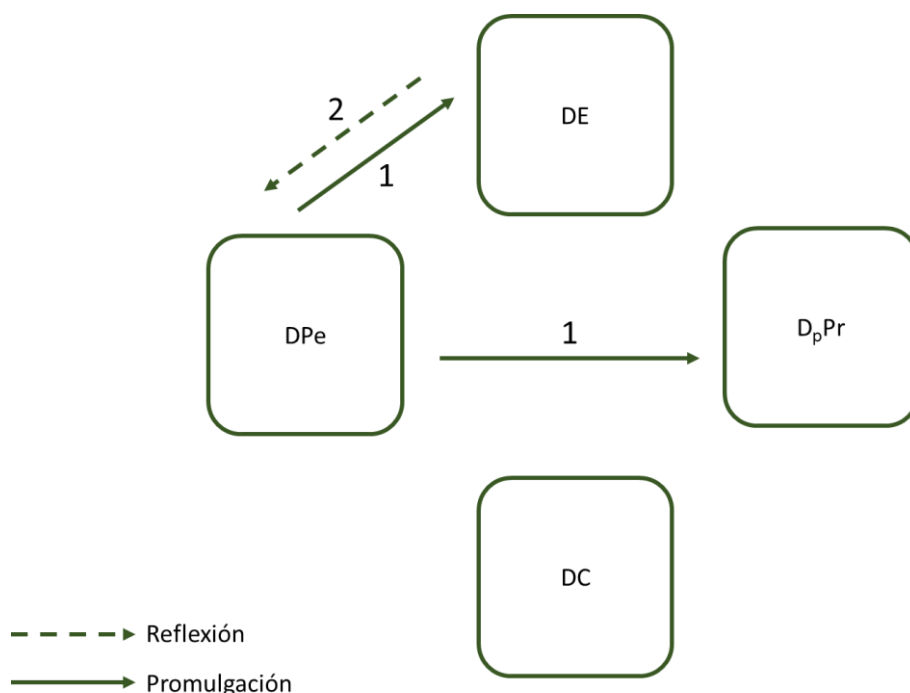


Figura 4.5. Cambios vinculados a los procesos de formación de E1 en torno a la categoría Modelo durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

Con relación a las dimensiones del conocimiento profesional docente, durante la Fase 2, es posible distinguir en la Figura 4.6 (en el caso de E1), ejemplos de los cambios reconocidos por la estudiante.

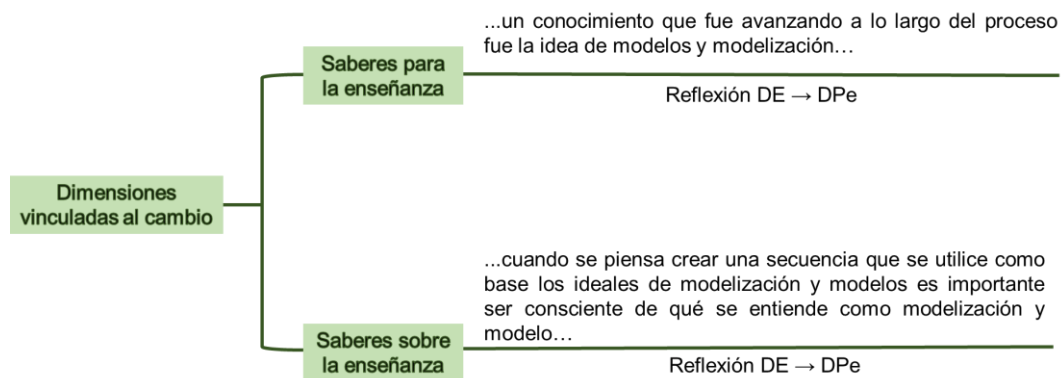


Figura 4.6. Cambios reconocidos por E1 en torno a su conocimiento profesional sobre la categoría Modelo durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

En primer lugar, y a diferencia de la Fase 1, se evidencia, dentro de las relaciones entre los dominios, una interacción con el D_pPr. Como la primera actividad fue el rediseño de la secuencia didáctica confeccionada en la Fase 1 para, posteriormente, implementarla en la Instancia de Simulacro, era esperable que aparecieran, en los registros documentales posteriores a esa instancia, referencias al D_pPr. Un ejemplo de esto es el siguiente:

“...algo que destacaría es como la secuencia fue variando a medida que ese concepto [modelo] iba modificándose...” (Promulgación DPe → D_pPr)

Como síntesis de esta Fase, para la categoría modelo, y de acuerdo con el análisis del contenido realizado sobre las producciones de E1 y E2, cabe mencionar que, en línea con la investigación de Justi y Van Driel (2006), en cada una de las participantes se fueron acentuando los dos “estilos” docentes bien diferenciados, que ya se habían advertido al comienzo de la investigación. El caso de E1 se corresponde con una “orientación de significado abierto” (p. 446, la traducción es mía) en la que la futura docente desarrolla una praxis reflexiva a través de la cual puede resignificar su conocimiento, problematizando constantemente los conceptos en cuestión. Lo más importante para ella fue tomar conciencia de lo que implica llevar a cabo una secuencia didáctica sobre modelos y modelización, mencionando cómo esta secuencia se fue ajustando a partir de que su conocimiento sobre el tema se modificó.

El caso de E2 tiende a una orientación de tipo reproductivo pues se centra en “actuar más que en comprender” (p. 446, la traducción es mía), ya que lejos de

reflexionar sobre la noción de modelo y, por lo tanto, de problematizarla para, de ese modo, poder resignificarla, considera los modelos como un insumo para llevar al aula de manera automática. Además, como se mencionó anteriormente, no reflexionó sobre esta categoría en la Fase 2. Esto pudo deberse a que, ya desde la fase anterior, se mostró invariable en cuanto a su concepción sobre el concepto de modelo, por lo que parecería lógico pensar que no iba a problematizar este concepto en la Fase 2.

4.2 Caracterización de los cambios en el conocimiento profesional docente relacionados con la actividad de modelización

A los fines de cumplir con el segundo objetivo específico⁷, se presentan, a continuación, los resultados obtenidos del análisis de las reflexiones de las participantes con respecto a la actividad de modelización. Dichas reflexiones, volcadas en los diarios de clase, fueron leídas desde el IMTPG. Los cambios encontrados que evidencian relaciones entre dominios del IMTPG se representan en pictogramas.

4.2.1 Durante la Fase 1

En cuanto a la categoría modelización durante esta fase, se pueden observar en las Figura 4.7 y en la Figura 4.8 las vías de cambio identificadas en las producciones de E1 y E2 respectivamente (para E1, n=5, correspondiendo a 3 reflexiones y 2 promulgaciones; en el caso de E2, n=4, que corresponde a 3 promulgaciones y 1 reflexión). A diferencia de la categoría modelo, se nota tanto en E1 como en E2 una nueva vía de cambio que relaciona el DE con el D_pPr puesto que, a pesar de estar en la Fase 1 (con las características mencionadas en los apartados anteriores), se interrogó explícitamente acerca de la utilización de los modelos en la secuencia didáctica que debieron diseñar para trabajar con modelos y modelización en el aula.

⁷Describir los cambios en el conocimiento profesional de los docentes en formación relacionado con la actividad de modelización en la enseñanza, que se evidencian a partir de sus reflexiones, a medida que transitan el tramo formativo previo a la residencia docente.

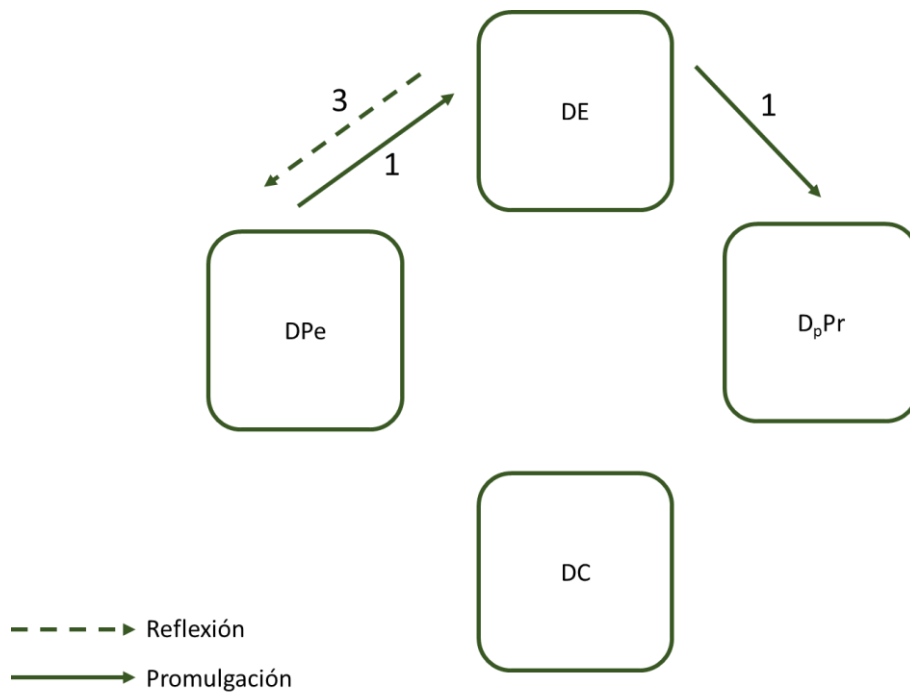


Figura 4.7. Cambios vinculados a los procesos de formación de E1 en torno a la categoría Modelización durante la Fase 1. Fuente: elaboración propia.

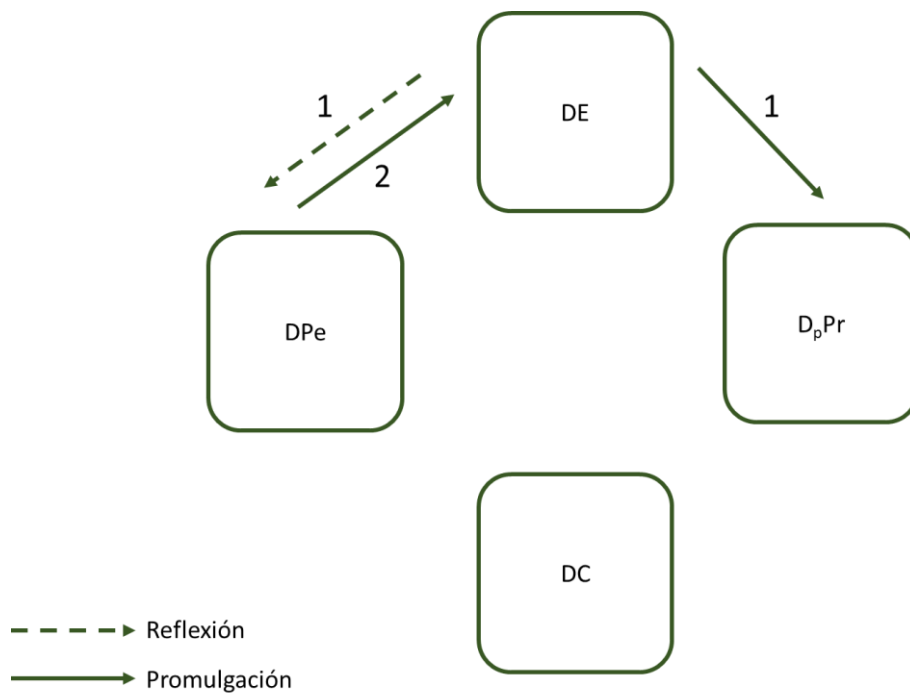


Figura 4.8. Cambios vinculados a los procesos de formación de E2 en torno a la categoría Modelización durante la Fase 1. Fuente: elaboración propia.

Al considerar los cambios reconocidos por las docentes en formación en términos de su conocimiento profesional, se identificó que, en las reflexiones de

E1 y E2, aparecieron las dos dimensiones tenidas en cuenta para esta investigación.

A continuación, se transcriben algunas expresiones que permiten evidenciar los cambios reconocidos por E1 (Figura 4.9) y por E2 (Figura 4.10) en torno a su conocimiento profesional docente sobre la categoría modelización en términos de promulgaciones y reflexiones:

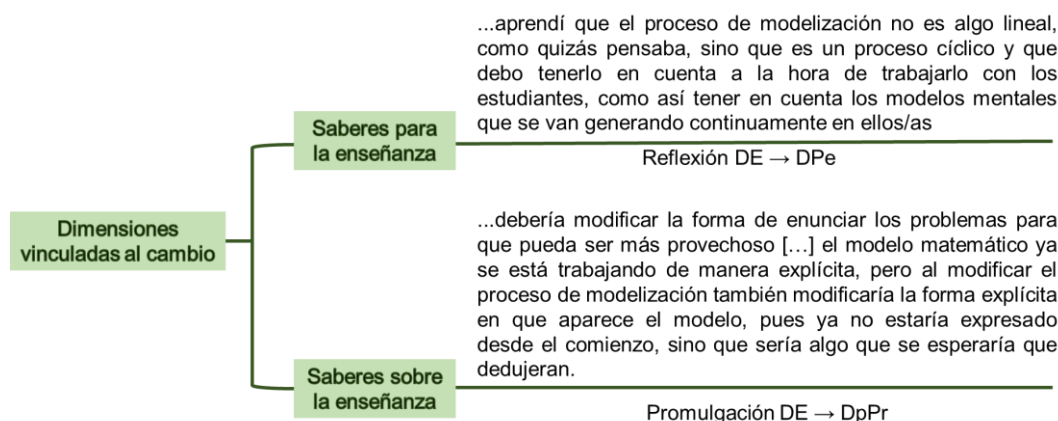


Figura 4.9. Cambios reconocidos por E1 en torno a su conocimiento profesional sobre la categoría Modelización durante la Fase 1. Fuente: elaboración propia.

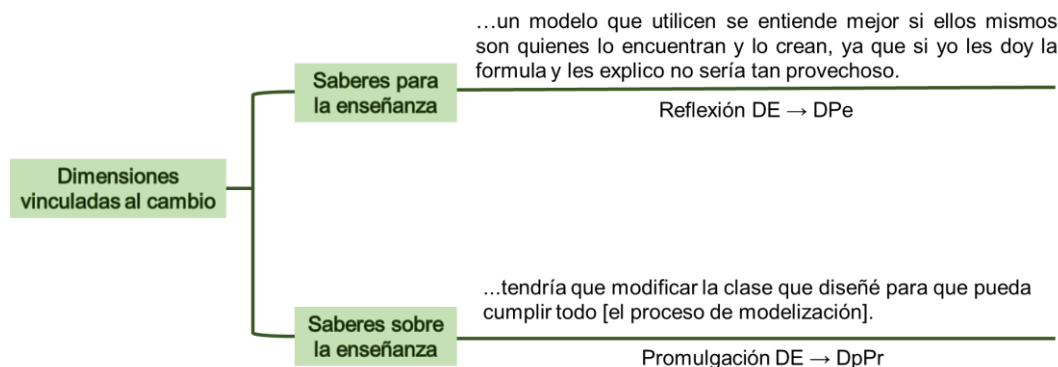


Figura 4.10. Cambios reconocidos por E2 en torno a su conocimiento profesional sobre la categoría Modelización durante la Fase 1. Fuente: elaboración propia.

En consonancia con lo sucedido durante el análisis de la categoría modelo, lo primero que se puede advertir, al observar los gráficos, es el marcado predominio del DE en las vías de cambio identificadas. Hay que recordar que durante la Fase 1 se desarrolló la UD diseñada para esta investigación, que forma parte del DE, lo que motivó que las reflexiones y promulgaciones de las

participantes estuvieron mayormente ligadas a dicho dominio. Sin embargo, tanto en E1 como en E2, se produjo una interacción entre el DE y el D_pPr. Estos registros, que pueden ser leídos en la Figura 4.9 (para E1) y en la Figura 4.10 (para E2) antes presentadas, dan cuenta del proceso reflexivo que atravesaron las docentes en formación en cuanto a realizar las modificaciones pertinentes a su secuencia didáctica, a partir de lo trabajado durante la UD.

A la pregunta: *¿Considerás que la utilización de modelos y la actividad de modelización es relevante en la enseñanza de la matemática?*

E1 contestó:

“Considero que sí lo es, la actividad de modelizar la considero como un traductor parcial de la realidad ... es otra manera de comprender y ver el mundo, y considero que es importante trabajarlo, enseñarlo y aprenderlo dentro de las aulas ... es una forma de relacionar las matemáticas con la realidad/cotidianidad, y eso hace que los/as estudiantes se interioricen y se interesen por su estudio.” (Promulgación DPe → DE)

Lo dicho por E1 acerca de que modelizar es traducir parcialmente la realidad, está en línea con la idea de Justi (2011) en el sentido de que un modelo no debe entenderse como una representación exacta de la realidad, sino que en el proceso de modelización se van realizando simplificaciones y aproximaciones, lo que se traduce en una representación parcial y mediada por la teoría. Por otra parte, E1 destaca las prácticas de modelización como una manera de resignificar el “hacer matemática” en su conexión con la realidad, de acuerdo con las recomendaciones del “Marco Nacional para la Mejora del Aprendizaje en Matemática” (Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología, 2019). Al finalizar la Fase 1 reflexiona sobre el concepto de modelización y añade lo ya presentado en la Figura 4.9:

...aprendí que el proceso de modelización no es algo lineal, como quizás pensaba, sino que es un proceso cíclico y que debo tenerlo en cuenta a la hora de trabajarlo con los estudiantes, como así tener en cuenta los modelos mentales que se van generando continuamente en ellos/as (Reflexión DE → DPe)

Se puede destacar la reflexión de E1 en torno al proceso de modelización acerca de la no linealidad como inherente a dicho proceso (cf. Gilbert y Justi,

2016), así como también sobre la importancia de tener en cuenta los modelos mentales de los estudiantes cuando estos participan de prácticas de modelización. Lo anterior se relaciona con la idea de que, para lograr una mejor comprensión por parte de los estudiantes, hay que tener en cuenta los puntos en común entre los modelos mentales de docentes y estudiantes (cf. Galagovsky *et al.*, 2014).

En el caso de E2, responde a la pregunta anterior de la siguiente manera:

“Si, ya que mediante modelos y actividades de modelización los chicos pueden ir haciendo trabajos mentales que quizás de otra forma no podrían. Además lo podrían llevar a otros casos.” (Promulgación DPe → DE)

Destaca la significatividad del uso de modelos en el aula en cuanto a la posibilidad de transferir dicha práctica a diferentes situaciones. Al respecto, se puede interpretar que E2 busca que los estudiantes, a medida que se vean implicados en actividades de modelización, puedan visibilizar e incorporar los principales elementos del modelo en cuestión para poder aplicarlo a múltiples situaciones, no solo las vinculadas al ámbito de la ciencia (Justi, 2011).

A diferencia de E1, y en consonancia con lo que sucedió para la categoría modelo, E2 no reflexiona sobre el concepto de modelización ni lo pone en tensión a la luz de lo trabajado en la UD.

4.2.2 Durante la Fase 2

Las relaciones entre los dominios del IMPTG para la categoría modelización a lo largo de esta fase, se pueden observar en la Figura 4.11 y en la Figura 4.12 para E1 y E2 respectivamente (para E1, n=7, correspondiendo a 4 reflexiones y 3 promulgaciones; en el caso de E2, n=3, que corresponde a 3 reflexiones).

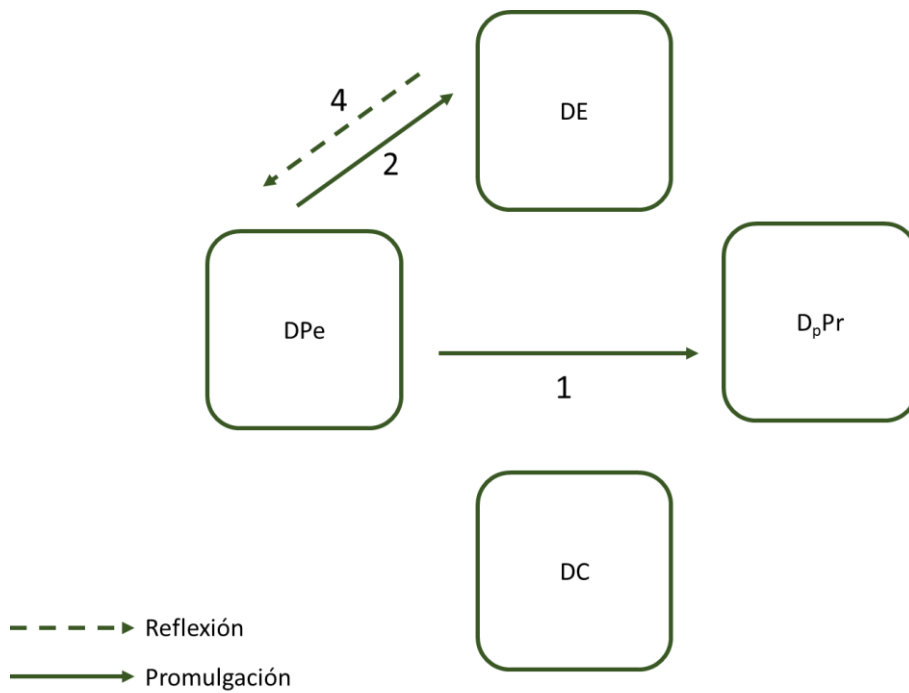


Figura 4.11. Cambios vinculados a los procesos de formación de E1 en torno a la categoría Modelización durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

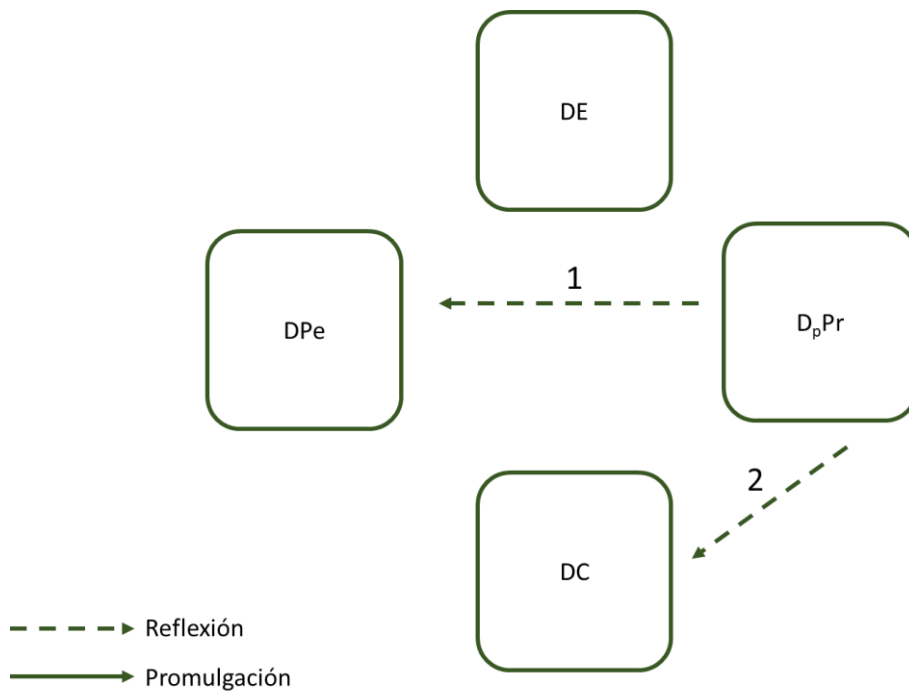


Figura 4.12. Cambios vinculados a los procesos de formación de E2 en torno a la categoría Modelización durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

Además, con respecto a las dimensiones del conocimiento profesional docente vinculadas al cambio, en el caso de E1 solo se evidenció en una de las dos

dimensiones consideradas: “Saberes para la enseñanza”; en cuanto a E2 se evidenciaron las dos dimensiones del conocimiento profesional docente. Esto puede apreciarse en la Figura 4.13 (para E1) y en la Figura 4.14 (para E2).

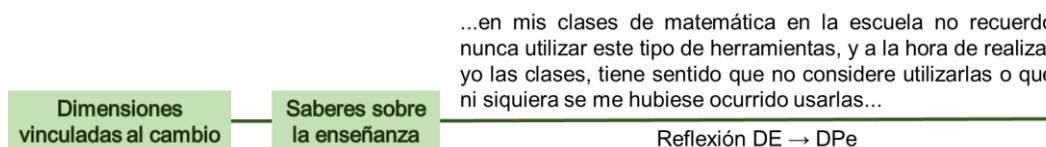


Figura 4.13. Cambios reconocidos por E1 en torno a su conocimiento profesional sobre la categoría Modelización durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

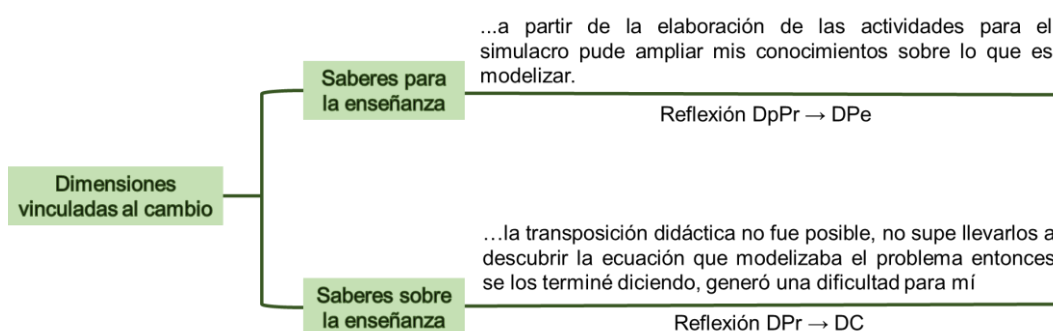


Figura 4.14. Cambios reconocidos por E2 en torno a su conocimiento profesional sobre la categoría Modelización durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

Al analizar esta categoría durante la Fase 2, se puede advertir que, solo en el caso E2, se manifiesta el Dominio de la Consecuencia entre las vías de cambio identificadas. Como se muestra en la Figura 4.14, ella hace referencia a su imposibilidad de realizar, durante el simulacro, la transposición didáctica correspondiente, lo que derivó en que la clase se tornara mayormente expositiva, tradicional. Por lo tanto, el problema presentado en la secuencia didáctica de E2 se redujo a que la docente en formación transmitiera el conocimiento sin dejar margen a que los “estudiantes” fueran construyendo el concepto. La preocupación de E2 se ve reforzada con el siguiente registro luego del simulacro:

“La situación que me dejó reflexionando fue cómo llevar a los chicos a descubrir que la ecuación que modeliza la problemática es la del tiro parabólico.” (Reflexión D_pPr → DC)

En otras palabras, su percepción fue que la actividad de modelización no resultó significativa para los estudiantes. Esto probablemente se debió a que E2 no pudo conducir el proceso de andamiaje y, de esta manera, reconstruir teóricamente el hecho del mundo (*cf.* Izquierdo *et al.*, 1999).

Cabe señalar que en el caso de E2, la reflexión sobre cómo utilizar modelos en el aula y llevar adelante una práctica de modelización, se produjo luego de una experiencia fallida en la Instancia de Simulacro. Es por esto que, al darse la reflexión luego de esta instancia, se manifiesta en las intervenciones el DC relacionado a esta categoría de análisis, ya que representa un resultado destacado de la práctica docente.

Con respecto a E1, sigue presente su intención de problematizar este concepto como eje central del diseño de su secuencia didáctica, además de hacer referencia a su biografía escolar y de cómo esta, de no mediar un proceso reflexivo, podría impactar negativamente en su futuro desempeño docente. Lo anterior se muestra en los registros de la Figura 4.13 antes presentada.

Además, hace referencia a la dimensión instrumental de la modelización

“...desde mi propia experiencia diría que es importante, antes de comenzar a definir nuestros ideales y qué se entiende como modelización y modelo, conocer las herramientas que tenemos para llevarla a cabo e investigar de ser necesario nuevas herramientas, tener otros puntos de vista además del nuestro para que la secuencia sea mucho más provechosa.” (Promulgación DPe → DE)

y la vincula con una sensación de inseguridad del docente novel frente a la posibilidad de experimentar con nuevas herramientas y posibilidades (*cf.* Garrido Espeja *et al.*, 2022). En este sentido E1 menciona:

“...a veces surge una idea que nos acerca más a nuestro objetivo, pero las descartamos por considerar que no tenemos las herramientas necesarias para plasmarlas en una clase, cuando en realidad esas limitaciones son impuestas por nosotros mismos...” (Reflexión DE → DPe)

Sin embargo, también menciona que:

“Yo creo que somos conscientes de esa cantidad enorme de posibilidades que nos surgen actualmente, sin embargo, nos quedamos

en nuestro espacio de confort, o en otras palabras en lo que conocemos.” (Reflexión DE → DPe)

Para contextualizar estas reflexiones, resulta pertinente hacer referencia a la Fase 1 de la investigación. Particularmente en el caso de E1, ella tenía una idea inicial para su secuencia didáctica que, en un principio, no pudo concretar debido al desconocimiento de los diferentes recursos disponibles para llevar a cabo el proceso de modelización. Esta situación cambió al comenzar a interactuar con algunos de los diferentes recursos disponibles (Oliva, 2021), optando finalmente por uno de ellos: simuladores. De este modo, se refuerza la idea de la importancia de que los estudiantes experimenten con nuevos recursos y puntos de vista para que puedan disponer de un abanico de opciones (cf. Villarreal y Mina, 2020; cf. Furci y Adúriz-Bravo, 2023). Así, contarán con más herramientas para llevar adelante sus clases, sin la necesidad de “caer” en el armado de clases tradicionales a la que están acostumbrados y se queden, como manifiesta E1, en su “espacio de confort”.

Una consideración a tener en cuenta es que, a diferencia de E2, en E1 no se presentaron interacciones con el Dominio de la Consecuencia. Se podría suponer que, como ella fue problematizando desde el inicio de la Fase 1 cuestiones referidas a su concepción sobre modelización y la importancia de llevar al aula actividades con modelos, esta es la razón por la cual no se vio en la necesidad de reflexionar sobre esta categoría luego del simulacro. No obstante, durante esta instancia se detuvo a reflexionar, al igual que E2, acerca de otras categorías de análisis (definidas inductivamente) que se desarrollarán a continuación.

4.3 Caracterización de otros cambios producidos en el conocimiento profesional docente durante la propuesta de formación

Durante el desarrollo de la propuesta de formación, se fueron evidenciando otros cambios en el conocimiento profesional docente, los que acompañaron a los producidos en torno al uso de modelos y a la actividad de modelización. Es decir, que las docentes en formación fueron reflexionando de manera más intuitiva a medida que iban implementando su secuencia didáctica, de forma tal que la reflexión, en línea con lo expresado por Schön (1998), se focalizó tanto

en los resultados de la acción como en la acción misma, y en el saber intuitivo implícito en cada acción. Esto llevó a la construcción inductiva de nuevas categorías de investigación, en correspondencia con el tercero⁸ de los objetivos específicos. Para realizar este trabajo, se exploró el material a partir de varias lecturas del corpus seleccionado, siguiendo criterios de exhaustividad, pertinencia y homogeneidad para los propósitos de este análisis. Surgieron así las siguientes categorías inductivas: “Autopercepción docente”, “Tipos de recursos”, “Dispositivos discursivos”, “Conocimiento sobre el aprendizaje y los estudiantes”, “Gestión de la clase” y “Modelos de Enseñanza”.

Con el propósito de condensar el contenido de los registros analizados, estas se denominaron de la siguiente manera:

- Autopercepción docente: incluye aquellos registros que dieron cuenta de cómo las docentes en formación se percibieron a sí mismas en cuanto a sus fortalezas y debilidades asociadas al rol docente y a su futuro desempeño profesional.
- Tipos de recursos: describe todos aquellos dispositivos que reforzaron la actuación docente en la Fase 2. Por ejemplo, uso de software matemático, proyector audiovisual, pizarrón, entre otros.
- Dispositivos discursivos: comprenden intercambios dialógicos y cuestiones referidas a la elaboración de consignas durante la Fase 2, así como también expresiones propias de la oralidad y la escritura y el uso de vocabulario disciplinar utilizado por las docentes en formación.
- Conocimiento sobre el aprendizaje y los estudiantes: engloba aquellos registros que dan cuenta de las particularidades del grupo de estudiantes implicados en la Instancia de Intervención, que fueron destinatarios de la secuencia didáctica desarrollada por las participantes de este estudio. A saber, sus motivaciones, dinámicas de trabajo, dificultades, estilos de aprendizaje y concepciones sobre determinados tópicos.
- Gestión de la clase: alude al tipo de organización y administración del trabajo áulico seguido por las docentes en formación. Por ejemplo,

⁸Explorar otros cambios en el conocimiento profesional de los docentes en formación, que acompañan a los producidos en torno al uso de modelos y la actividad de modelización en la enseñanza.

registros que hagan referencia al rol docente en los distintos momentos de la clase, así como también los modos de vinculación con los distintos actores que componen el acto educativo.

- Modelos de enseñanza: nuclea aquellos registros que hicieron referencia a los distintos posicionamientos que las docentes en formación tomaron a la hora de diseñar sus secuencias didácticas y la manera en que estas fueron desarrolladas en la práctica docente.

Se presentan, a continuación, los resultados obtenidos del análisis de las reflexiones de las docentes en formación con respecto a estas categorías. Dichas reflexiones, volcadas en los diarios de clase, fueron leídas desde el IMTPG. Los cambios encontrados que evidencian relaciones entre dominios del IMTPG se representan en pictogramas.

4.3.1 Autopercepción docente

Esta categoría, presente tanto en E1 como en E2, se evidenció durante la Fase 2 de la propuesta de enseñanza (Inicio a la práctica docente). En el caso de E1, la mayor cantidad de reflexiones (n=4, que corresponde a 4 reflexiones) se manifestaron luego del simulacro (3 reflexiones luego del simulacro y 1 reflexión luego de la intervención) y, para E2, solo se observó esta categoría luego de la Instancia de Intervención (n=2, correspondiente a 2 reflexiones). En la Figura 4.15 y en la Figura 4.16, pueden apreciarse las interacciones entre los dominios de E1 y E2 respectivamente.

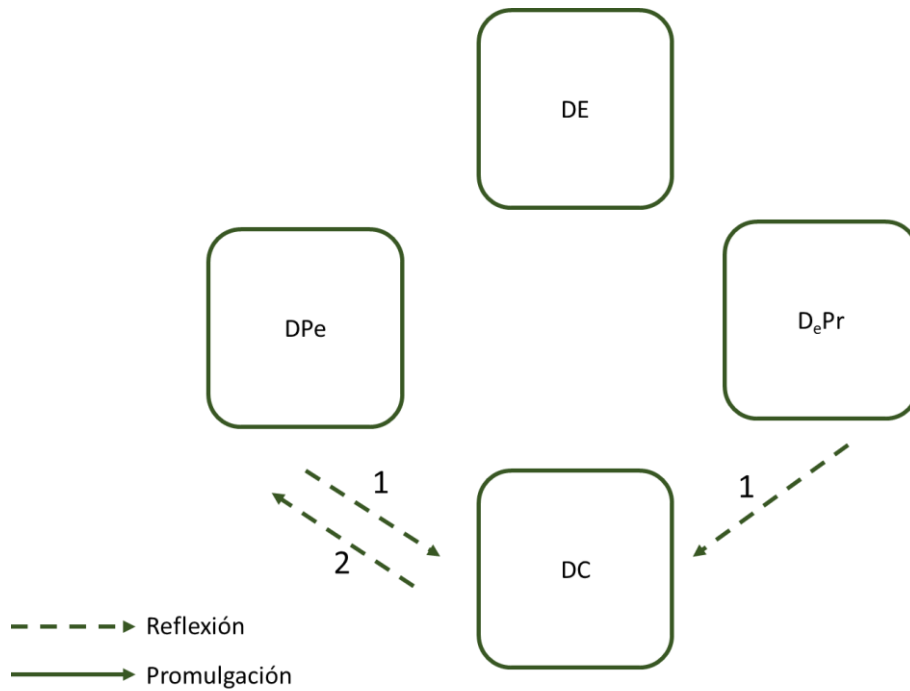


Figura 4.15. Cambios vinculados a los procesos de formación de E1 en torno a la categoría Autopercepción docente durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

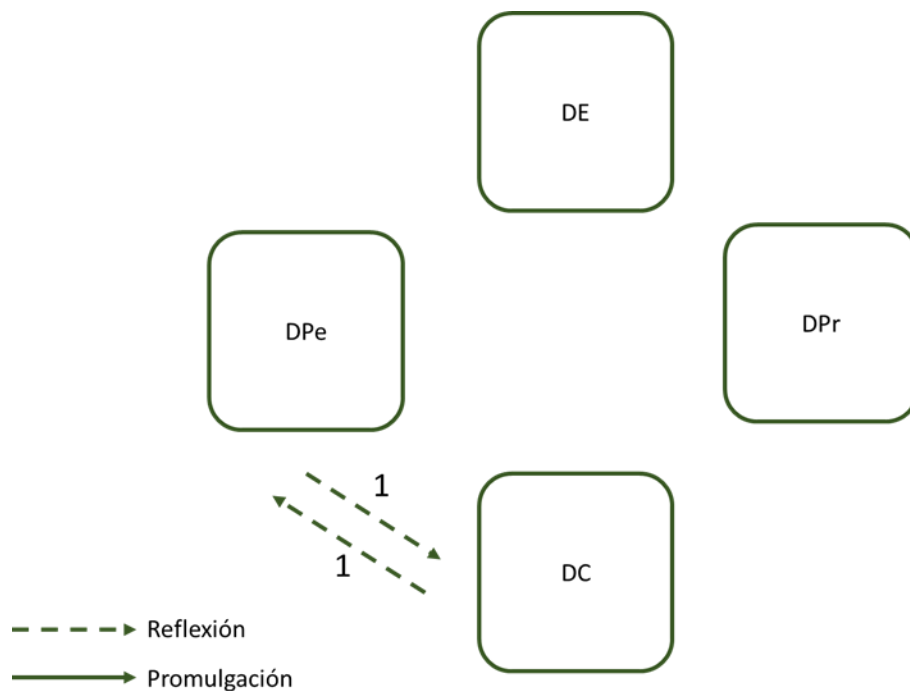


Figura 4.16. Cambios vinculados a los procesos de formación de E2 en torno a la categoría Autopercepción docente durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

Una primera observación que se podría hacer es la predominancia de la interacción entre el DPe y el DC (tanto en E1 como en E2). Además, el hecho de que, solo en el caso E1, se pudo encontrar una relación entre D_ePr y el DC.

Esto podrá ser analizado de manera más significativa luego de presentar los cambios que se dieron dentro del conocimiento profesional docente en torno a la presente categoría. Con relación a esto, la única dimensión que se manifestó en ambas participantes fue “Saberes para la Enseñanza”, y un ejemplo de esto puede visualizarse en la Figura 4.17 (para E1) y en la Figura 4.18 (para E2).

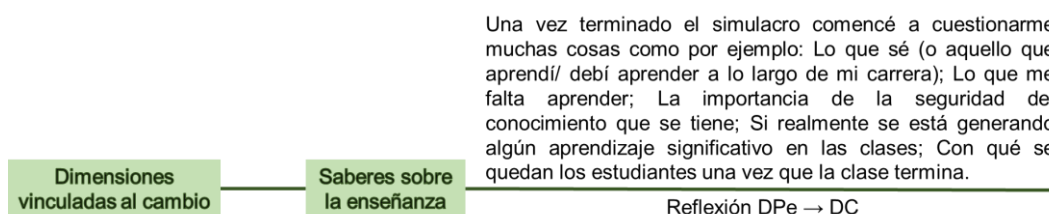


Figura 4.17. Cambios reconocidos por E1 en torno a su conocimiento profesional sobre la categoría Autopercepción docente durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

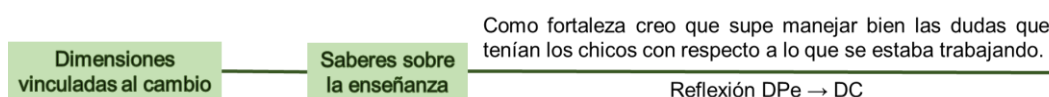


Figura 4.18. Cambios reconocidos por E2 en torno a su conocimiento profesional sobre la categoría Autopercepción docente durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

Las reflexiones de E1, como se anticipó anteriormente, se presentaron mayormente luego de la Instancia de Simulacro (como puede observarse en la Figura 4.17 antes mostrada). A E1 no solo le preocupa lo que sabe, lo que le faltó aprender o la seguridad sobre su propio conocimiento:

Lo que me llevó después de haber realizado la simulación es que me falta mucho por aprender y mucho más por conocer para lograr lo que considero mi clase ideal. (Reflexión DC → DPe)

sino que muestra una constante preocupación por sus estudiantes. En relación con esto último, se pregunta si realmente se está generando un aprendizaje significativo y con qué se quedan los estudiantes luego de las clases. Además, reflexiona acerca de la importancia de que el docente motive a los estudiantes desde su propia motivación:

...la motivación tanto del docente como del estudiante es fundamental para promover el aprendizaje, si el docente no tiene motivación a la hora

de plantearse las clases es difícil que el/la estudiantes compartan la suya. (Reflexión DC → DPe)

Luego de la intervención, se pudo observar un impacto positivo en E1 en cuanto a su autopercepción docente. Al consultarle acerca de si modificaría en algo su secuencia didáctica desarrollada en la Instancia de Intervención, E1 reflexionó:

Sinceramente no, estoy muy contenta y satisfecha por cómo se fue desarrollando la intervención, los objetivos de las mismas fueron logrados y se desarrollaron de manera exitosa (Reflexión D_ePr → DC)

Al respecto, al planificar su secuencia didáctica, E1 propuso como objetivo principal reconstruir una situación problemática a partir del uso de modelos. Para cumplir dicho objetivo, presentó al grupo de estudiantes del nivel preuniversitario un problema planteado en forma de texto periodístico en el que se narraba un accidente sucedido en un circo durante el acto del “hombre bala”. El desafío para los estudiantes fue modelizar la situación para encontrar las causas del accidente y, de esa manera, resolver la situación problemática, es decir, evitar el accidente en futuras presentaciones del circo. Para esta secuencia didáctica se utilizó, principalmente, un simulador que recrea el lanzamiento del hombre bala, para poder analizar la situación de manera más significativa. Posteriormente, y con un constante y oportuno andamiaje de E1, los estudiantes pudieron hallar el modelo que explica la situación y, de esta manera, resolver el problema.

En cuanto a E2, como se anticipó, solo hizo referencia a cuestiones vinculadas con la Autopercepción Docente luego de la instancia de intervención, como se puede visualizar en la Figura 4.18 presentada anteriormente. En el registro de dicha figura, menciona como fortaleza su capacidad para interactuar con sus estudiantes a la hora de responder consultas. Sin embargo, en cuanto al desarrollo de su secuencia didáctica durante esta instancia, E2 reflexionó lo siguiente:

...debería cambiar mi concepción de dar clase, siempre fueron de forma rutinaria y planifico de esa manera. (Reflexión DC → DPe)

A diferencia de E1 quien percibió positivamente la puesta en marcha de su secuencia didáctica, E2 reconoce que le falta cambiar su manera de desarrollar

las clases para que no sean rutinarias. Cabe aclarar que la secuencia didáctica que E2 planificó para la Instancia de Intervención era de corte constructivista, por lo que se esperaba una participación activa de los estudiantes. Sin embargo, a la hora de desarrollarla, E2 llegó a la conclusión que no se habían cumplido las expectativas previas, además de no advertir que su secuencia, como se mencionó anteriormente, era constructivista y lo que “falló” fue su forma de abordarla.

En cuanto a la secuencia didáctica de E2, el objetivo principal está en línea con lo planteado por E1: reconstruir teóricamente una situación problemática a partir del uso de modelos. En este caso en particular presentó una problemática ligada a los intereses de los estudiantes: un entrenador de baloncesto debe mejorar el rendimiento de sus jugadores y procurar que estos no se lesionen durante el juego. Nuevamente, el desafío para los estudiantes era modelizar la situación para lograr los propósitos del entrenador de baloncesto. No obstante, E2 no pudo prever, en su planificación, los distintos momentos en los que se iba a ir desarrollando la secuencia, por lo que no logró ir guiando a los estudiantes para que estos realizaran la reconstrucción teórica de la situación problemática. Lo anterior se vio plasmado en el hecho de que E2 terminó presentando la solución al problema, sin dejar la posibilidad a los estudiantes de ir reconstruyendo el modelo en cuestión.

Podría suponerse que, a pesar de que la secuencia didáctica de E2 era adecuada, su propia biografía escolar (en este caso, de enseñanza tradicional) se encuentra fuertemente arraigada en ella, por lo que impactó durante el desarrollo de su clase.

Resulta entonces importante promover instancias de reflexión sobre estas cuestiones durante todo el proceso formativo, para lograr que los docentes en formación puedan desarrollarse en el aula acorde a sus planificaciones docentes.

4.3.2 Conocimiento sobre el aprendizaje y los estudiantes

En relación con esta categoría, se puede observar en la Figura 4.19 las vías de cambio de E1 (n=1, donde la única interacción es una promulgación) y en la

Figura 4.20, las correspondientes a E2 (n=3, que corresponden a 3 reflexiones).

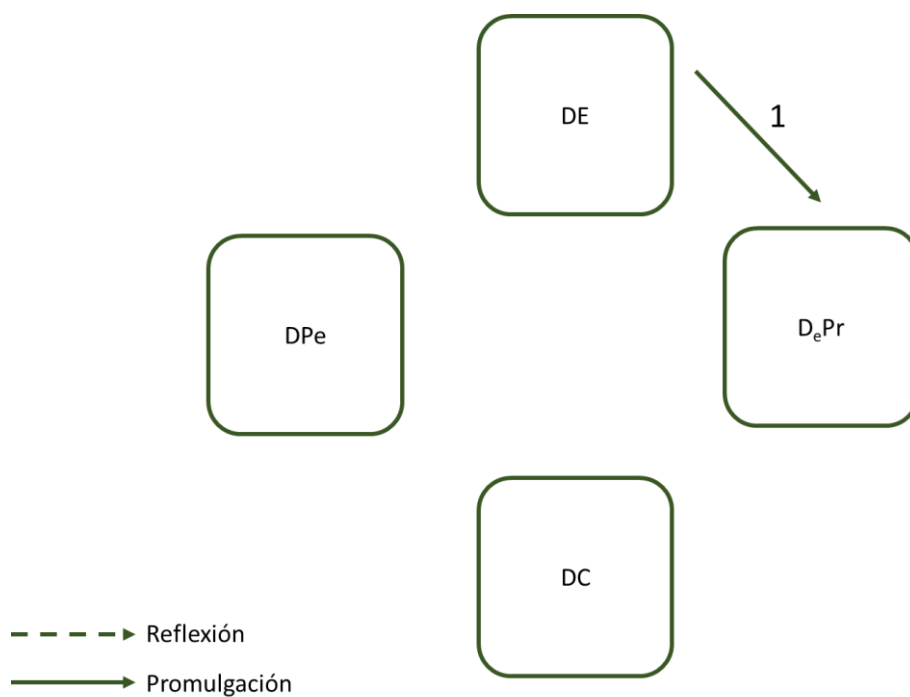


Figura 4.19. Cambios vinculados a los procesos de formación de E1 en torno a la categoría Conocimiento sobre el aprendizaje y los estudiantes durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

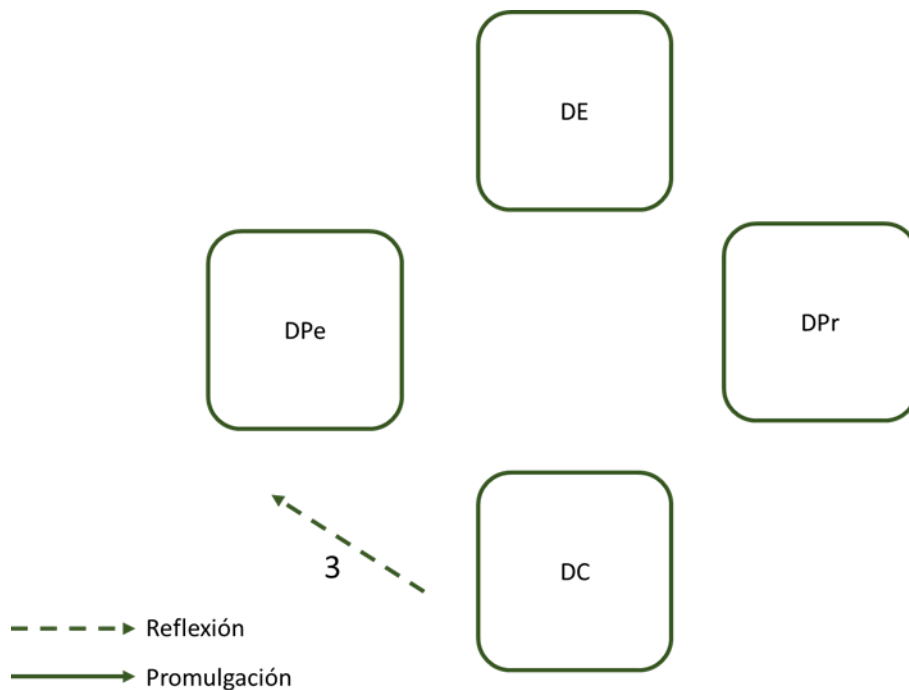


Figura 4.20. Cambios vinculados a los procesos de formación de E2 en torno a la categoría Conocimiento sobre el aprendizaje y los estudiantes durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

En el caso de E1, el único registro que se pudo encontrar, y que consta en la Figura 4.21 (en forma de cambio sobre una de las dimensiones de su conocimiento profesional), estuvo relacionado con la observación que realizaron las docentes en formación, previa a la Instancia de Intervención:

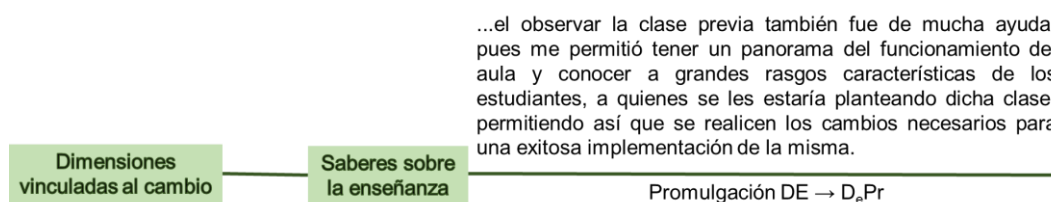


Figura 4.21. Cambios reconocidos por E1 en torno a su conocimiento profesional sobre la categoría Conocimiento sobre el aprendizaje y los estudiantes durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

Se puede constatar la importancia que tuvo para E1 el hecho de tomar contacto con el curso con el que luego trabajaría. A partir de esta observación, pudo realizar los cambios necesarios para que su secuencia didáctica se adaptara de la manera más significativa para ese grupo particular de estudiantes. En el

caso de E2, manifestó que “no realizaría ningún cambio” a partir de la observación realizada en el aula.

Los cambios referidos a las dimensiones del conocimiento profesional, en el caso de E2, también se manifestaron en una de las dimensiones, como puede verse en la Figura 4.22.

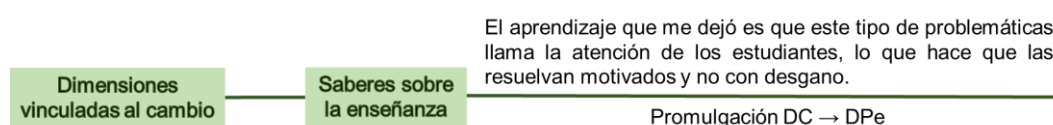


Figura 4.22. Cambios reconocidos por E2 en torno a su conocimiento profesional sobre la categoría Conocimiento sobre el aprendizaje y los estudiantes durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

Algo a resaltar en el caso de E2 es que, luego del simulacro, manifestó que no pudo lograr transmitir el entusiasmo de resolver la situación problemática que ella planteó:

La motivación por el ejercicio no la tuvieron, ya que leí el enunciado y no se lo conté como una situación real. (Promulgación DC → DPe)

Sin embargo, pudo revertir esta situación durante la Instancia de Intervención al manifestar:

La motivación que tuvieron [los estudiantes] fue que no era una problemática rutinaria, no habían trabajado nunca de esa manera. (Reflexión DC → DPe)

La reflexión anterior resulta de suma importancia, pues le permitió a E2 experimentar con un tipo de secuencia didáctica novedosa para sus estudiantes y para ella misma, ya que nunca había tenido la posibilidad de interactuar, ni como estudiante ni como docente, con secuencias de este tipo. A pesar de no haber podido desarrollar la secuencia didáctica de la forma esperada (como se explica en el apartado anterior), menciona que el hecho de presentar clases novedosas, donde intervengan otros tipos de registros semióticos y actividades más cercanas a los estudiantes, produjo una motivación en el grupo, llamando su atención (Figura 4.22). Lo anterior se podría traducir en un cambio en la concepción de E2 en cuanto al tipo de

clases que tendría que planificar para captar la atención e interés de sus futuros estudiantes.

Se manifiesta, al igual que en el análisis de las categorías anteriores, una clara diferencia en los momentos de reflexión de las participantes. A saber, en el caso de E1, las reflexiones se produjeron, mayormente, antes de la intervención docente, a diferencia de E2, que pudo reflexionar más luego de la Instancia de Intervención. Lo anterior le permitió a E2 llegar con más herramientas a la Instancia de Intervención, reflejándose en mejores resultados en cuanto a la implementación de su secuencia didáctica.

4.3.3 Dispositivos discursivos

Los registros que hacen referencia a los Dispositivos Discursivos se evidenciaron tanto luego de la Instancia de Simulacro (en ambos casos), como después de la Instancia de Intervención (solo en el caso de E1). Se pudo corroborar una mayor reflexión por parte de E1 (n=2, correspondiéndose con 2 reflexiones). En el caso de E2, solo se evidenció una reflexión luego de la Instancia de Simulacro. Las Figuras 4.23 y 4.24 dan cuenta de esto, para E1 y E2 respectivamente.

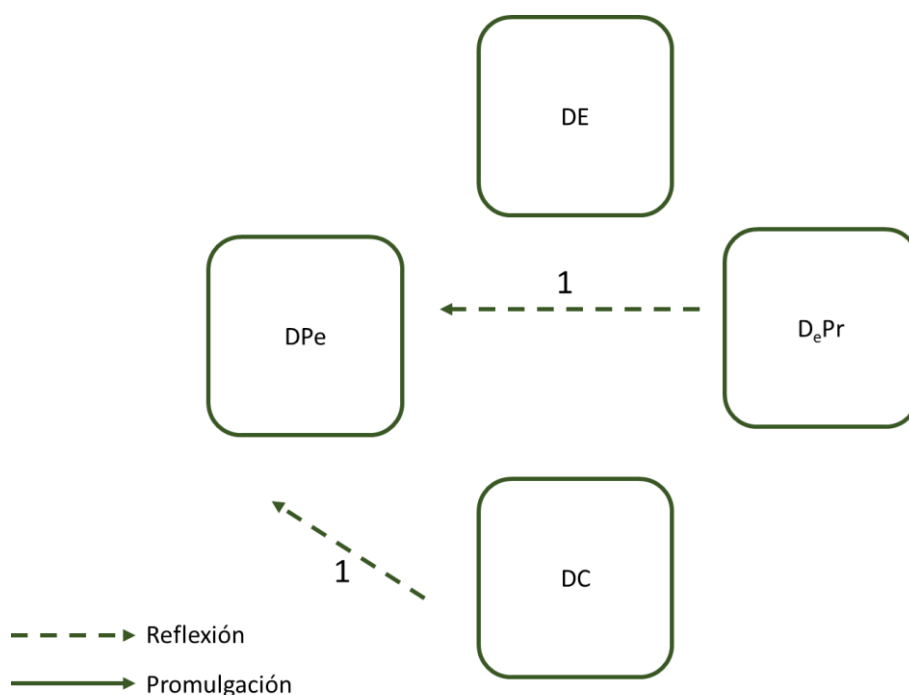


Figura 4.23. Cambios vinculados a los procesos de formación de E1 en torno a la categoría Dispositivos discursivos durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

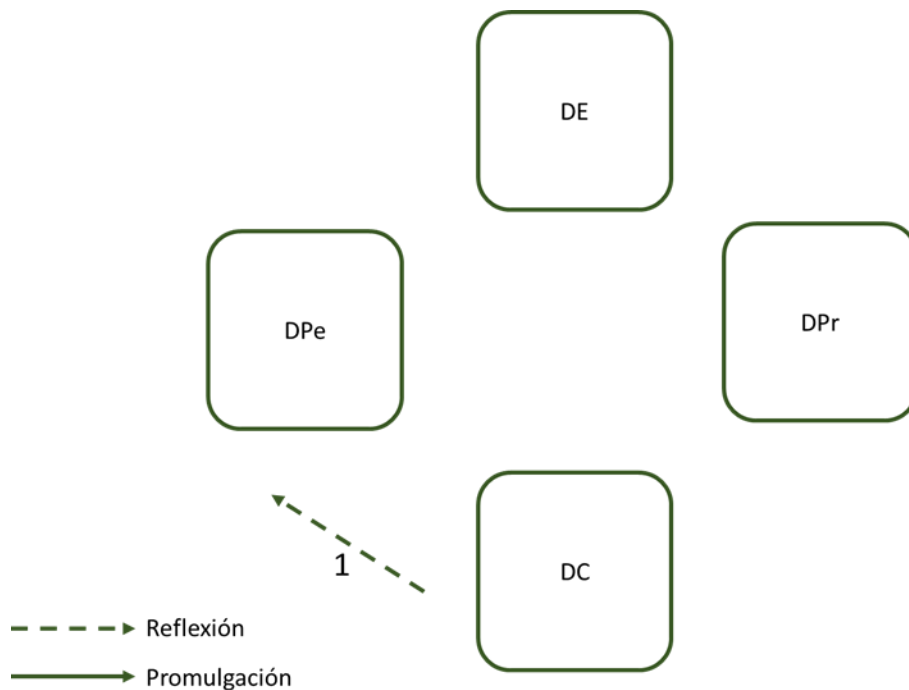


Figura 4.24. Cambios vinculados a los procesos de formación de E2 en torno a la categoría Dispositivos discursivos durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

Con respecto a las dimensiones del conocimiento profesional docente, solo se evidenció, en ambos casos, una sola de las dimensiones consideradas. Esto puede observarse en la Figura 4.25 (para E1) y en el Figura 4.26 (para E2).

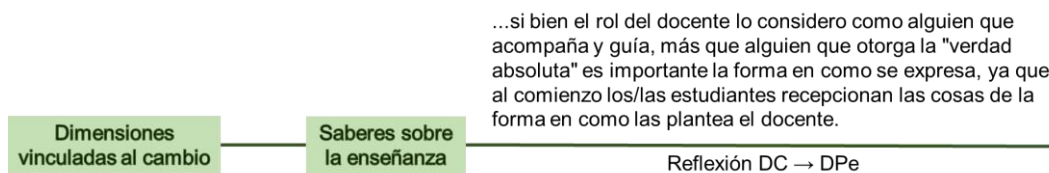


Figura 4.25. Cambios reconocidos por E1 en torno a su conocimiento profesional sobre la categoría Dispositivos Discursivos durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

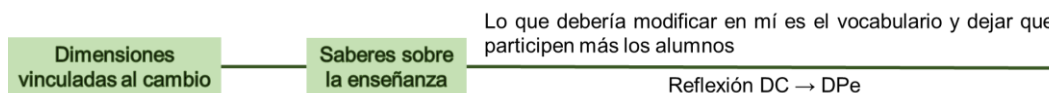


Figura 4.26. Cambios reconocidos por E2 en torno a su conocimiento profesional sobre la categoría Dispositivos Discursivos durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

Lo que se repite, tanto en E1 como en E2, es la preocupación en cuanto al lenguaje utilizado durante las clases. En el caso de E2, manifiesta la necesidad

de modificar su vocabulario, por lo que su preocupación está en la manera en cómo se expresa en la clase (registro presentado en Figura 4.26). En el caso de E1, además de preocuparse por la manera en cómo se expresa ella como docente (Figura 4.25), pone el foco de atención en la manera en que presenta y elabora las actividades que luego serán presentadas a sus estudiantes:

...un pensamiento muy recurrente en la elaboración de dichas tareas, fue si la forma de expresarlas era la correcta, es decir, al elaborarlas uno debe ser consciente que no solo debe entenderlas quien las escribe, sino que debe lograrse que cualquiera que las lea debe entender cuál es el objetivo de las mismas, teniendo esto en cuenta, podría destacar que un conocimiento que se modificó fue ese, el cual recuerdo haberlo trabajado en didáctica, pero fue muy distinto al aplicarlo para la intervención. (Reflexión D_ePr → DPe)

La mencionada categoría suele ser estar muy presente durante la asignatura Prácticas Docentes 1 de Matemática (asignatura objeto de investigación de la Fase 2), ya que los docentes en formación comienzan su recorrido en la práctica docente, tanto en formato de simulacros como en pequeñas intervenciones en cursos reales, por lo que es recurrente la preocupación acerca de si lo que están diseñando en sus clases “se entiende”. Es decir, surge una nueva preocupación, que hasta esta instancia de la carrera no se ha manifestado tan frecuentemente, acerca del vocabulario a utilizar en las clases (para que se lleve a cabo una “buena” transposición didáctica), la necesidad de elaborar enunciados claros (que no resulten ambiguos y cuya resolución, a cargo de los estudiantes, cumpla con los objetivos previstos). Se trata de cuestiones que, si bien son abordadas durante las asignaturas previas, es en este momento donde se toma conciencia realmente de su importancia.

Puede interpretarse que parte de los aprendizajes que E1 y E2 lograron a partir de la propuesta implementada tuvieron que ver con una reflexión sobre el discurso. En este sentido, se puede pensar que, como la propuesta de formación promovió la indagación en torno a categorías conceptuales de análisis que no habían sido abordadas anteriormente desde una perspectiva reflexiva (modelos y modelización), esto permitió resignificar en profundidad aquellas categorías que tradicionalmente aparecen durante este tramo (como

la categoría Dispositivos Discursivos). Lo anterior llevó a un replanteo por parte de las docentes en formación en torno al nivel discursivo referido al uso de términos disciplinares específicos. Así es que ellas empiezan a tomar conciencia de que en el aula el lenguaje “puede ser potencialmente facilitador u obstaculizador de los aprendizajes” (Massa y Aguilera, 2020, p. 39), es decir que la apropiación del vocabulario disciplinar y los modos de hacer, propios de la comunidad científica, derivan de un proceso de andamiaje que debe ser sostenido en el tiempo (*cf.* Olivero et. al, 2020). Este requiere de interacciones graduadas en un registro semiótico amplio por parte de los docentes en formación para con sus prospectivos estudiantes (*cf.* Ariza et. al, 2020).

4.3.4 Tipos de recursos

En la secuencia didáctica que tuvieron que diseñar las docentes en formación, los distintos recursos utilizados tuvieron un rol fundamental ya que les permitió recrear diversas experiencias para que pudieran ser modelizadas en el aula de manera dinámica y eficiente. Es por ello que, a pesar de no haber sido una categoría a priori, no resulta ilógico que, tanto E1 como E2, hayan hecho mención a los recursos durante su práctica reflexiva. Los pictogramas presentados a continuación dan cuenta de lo anterior: la Figura 4.27 muestra el caso de E1 (n=3, que corresponde a 2 reflexiones y 1 promulgación), y la Figura 4.28 el caso de E2 (n=2, correspondiente a 2 promulgaciones).

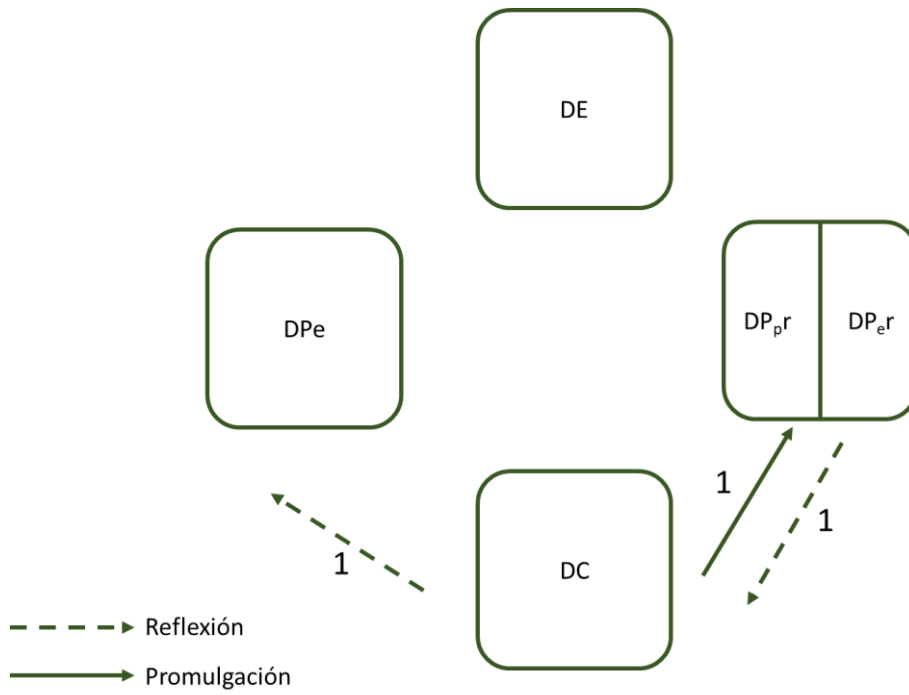


Figura 4.27. Cambios vinculados a los procesos de formación de E1 en torno a la categoría Tipos de recursos durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

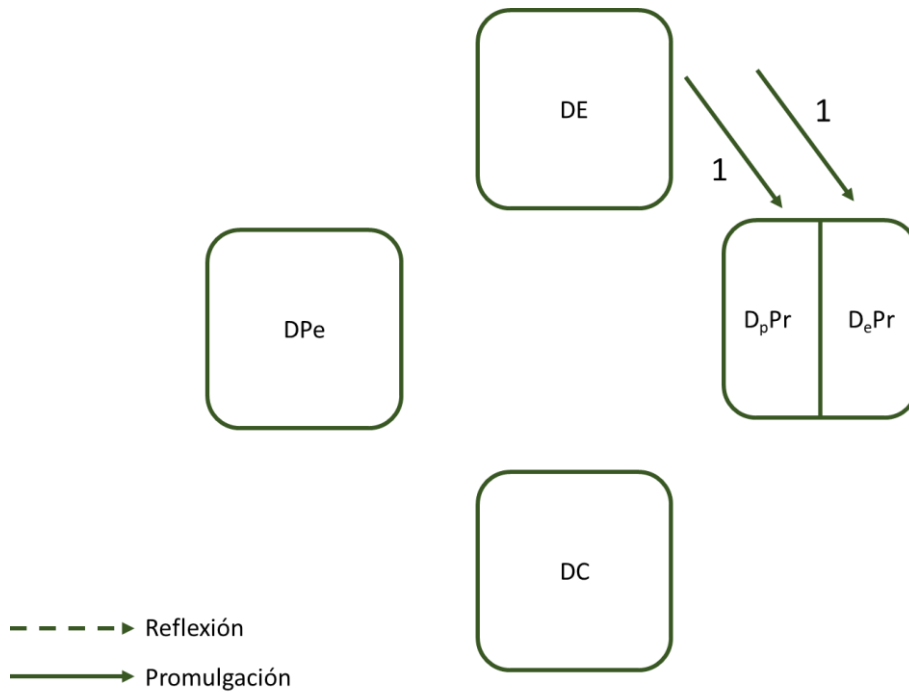


Figura 4.28. Cambios vinculados a los procesos de formación de E2 en torno a la categoría Tipos de recursos durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en los pictogramas, hubo variación, entre E1 y E2, en cuanto a los dominios interrelacionados para esta categoría.

En el caso de E1, las vías de cambio estuvieron relacionadas con el DC, ya que las reflexiones y promulgaciones surgen a partir de los resultados destacables de su experiencia como docente (tanto durante la Instancia de Simulacro como la de Intervención). Esto puede verse reflejado en los cambios reconocidos por E1 en cuanto a las dimensiones del conocimiento profesional (Figura 4.29).

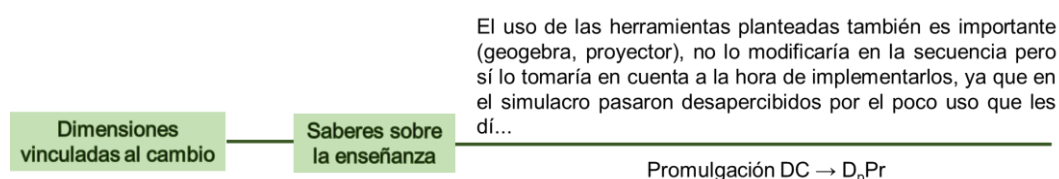


Figura 4.29. Cambios reconocidos por E1 en torno a su conocimiento profesional sobre la categoría Tipos de recursos durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

Como se anticipó al comienzo del apartado, E1 reflexiona sobre la importancia del uso de recursos en la clase: (registros presentados en la figura anterior).

A pesar de que su secuencia didáctica estuvo mediada por la tecnología (a partir del uso de simuladores con el fin de recrear una situación de la vida real para que fuera modelizada en clase), ressignifica la importancia del uso del pizarrón cuando, por determinadas cuestiones surgidas durante la intervención (como por ejemplo, falla en los programas o problemas con el uso del proyector), el “uso de la tecnología detiene el desarrollo de la clase”. Cabe aclarar que, luego del simulacro, E1 planteó la importancia de utilizar adecuadamente el pizarrón, lo que le resultó dificultoso pues, en este momento de la carrera, es cuando empiezan a dar sus “primeros pasos” en el uso del pizarrón.

Una dificultad que se me presentó y que no esperaba era el uso del pizarrón, que tan importante es y cómo utilizarlo de manera adecuada (Reflexión DC → DPe)

Sin embargo, luego de la Instancia de Intervención lo destaca como una fortaleza ya que, gracias al pizarrón, pudo continuar el desarrollo de la clase

mientras se solucionaban algunos inconvenientes técnicos relacionados con el software utilizado para la clase.

Algo que anteriormente plantee como una dificultad, en este caso, me gustaría destacarlo como una fortaleza, el uso del pizarrón, en el momento donde el uso de la tecnología detiene el desarrollo de la clase, por inconvenientes con la misma, el acudir al pizarrón fue de suma importancia para no seguir deteniendo la clase y correr el riesgo de perder la motivación conseguida en un comienzo. (Reflexión $D_ePr \rightarrow DC$)

Resulta de interés destacar que E1 reflexiona sobre su reflexión en la acción (Schön, 1992) ya que, durante la intervención, se dio cuenta de que podía recurrir a un saber tácito, a una capacidad que no había sido explicitada anteriormente, como es el uso del pizarrón, para poder continuar eficazmente con el desarrollo de su clase, sorteando así las dificultades vinculadas al uso de la tecnología.

En el caso de E2, a diferencia de E1, las interacciones entre los dominios estuvieron vinculadas entre el DE y el DPr (D_ePr y D_pPr). Esto se debe a que no hubo una reflexión por parte de E2 sobre el uso de recursos luego de su “acto” docente (ya que de haber reflexionado sobre el uso de recursos hubiese aparecido el DC en las vías de cambio), sino que solo reconoce cuáles de los recursos con los que interactuó durante la Didáctica de la Matemática le permitieron llevar adelante su secuencia didáctica en la Fase 2.

Además, como se puede visualizar en la Figura 4.30, solo se evidenció una de las dos dimensiones consideradas del conocimiento profesional docente.

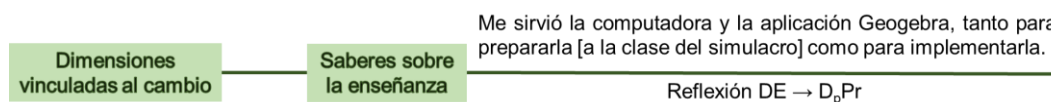


Figura 4.30. Cambios reconocidos por E2 en torno a su conocimiento profesional sobre la categoría Tipos de recursos durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

El registro presentado en la figura anterior hace alusión a los recursos utilizados durante la preparación e implementación del simulacro. Como se anticipó anteriormente, no reflexiona sobre el uso de estos recursos durante el simulacro, sino que solo hace referencia a qué recursos utilizó. El mismo

escenario se presenta cuando E2 se refiere a los recursos luego de la Instancia de Intervención:

[Para preparar la intervención me sirvieron los] recursos tecnológicos vistos tanto en didáctica como en práctica: los simuladores y GoogleSlides sobre Modelización visto en didáctica (Promulgación DE → D_ePr).

A diferencia del registro de la Figura 4.30, E2 menciona el uso de simuladores y GoogleSlides como recursos que le sirvieron para implementar su secuencia didáctica en la intervención. Sin embargo, este registro no difiere a grandes rasgos del registro anterior debido a que, cuando se refiere al uso de Simuladores, los mismos fueron programados utilizando la aplicación Geogebra (por lo que, en este caso en particular, Geogebra y simuladores estaría haciendo referencia al mismo recurso, como si se tratara de un sinónimo).

4.3.5 Gestión de la clase

En cuanto a la categoría gestión de la clase, solo emergió de los documentos analizados de E1 y se presentó únicamente en dos registros (ambos luego de la Instancia de Simulacro). Esto se ve reflejado en la Figura 4.31, donde se evidencian dos reflexiones entre el DC y el DPe.

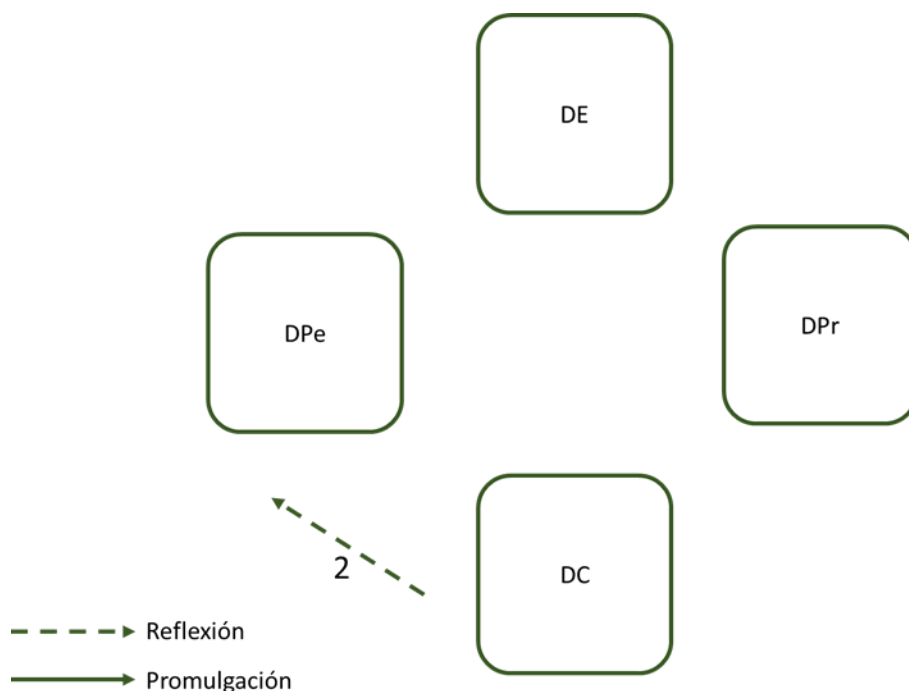


Figura 4.31. Cambios vinculados a los procesos de formación de E1 en torno a la categoría Gestión de la clase durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

Durante la instancia antes mencionada, E1 reflexionó acerca de distintos aspectos que hacen a la Gestión de la clase, como por ejemplo el cierre de la misma:

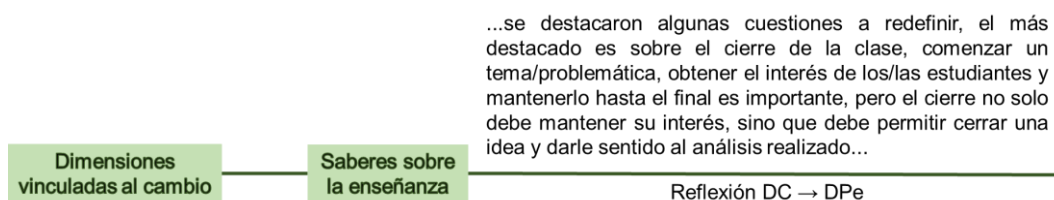


Figura 4.32. Cambios reconocidos por E1 en torno a su conocimiento profesional sobre la categoría Gestión de la clase durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4.32 puede observarse la única dimensión vinculada al cambio del conocimiento profesional de E1. En el registro de dicha figura, puede advertirse cómo E1 resignifica el cierre de la clase, algo que no tuvo en cuenta durante el simulacro pero que, durante la Instancia de Intervención, pudo revertir y lograr un cierre de clase de forma exitosa.

Otra cuestión que llevó a E1 a reflexión durante el simulacro fue sobre el orden de la clase:

...es importante tener un orden dentro del aula, todo puede descontrolarse en menos de un minuto, el docente debe guiar y debe ser claro en sus indicaciones, dar la oportunidad de intentar e interpretar pero siempre guiando y estando atento a la respuesta de los estudiantes... (Reflexión DC → Dpe)

El registro anterior da cuenta de la importancia que le consigna E1 al rol docente como moderador de la clase, donde es el encargado de llevar el orden de esta, pero sin dejar de lado su papel de guía en el aprendizaje de los estudiantes y prestando constante atención a la respuesta de estos.

4.3.6 Modelos de enseñanza

La categoría Modelos de enseñanza solo se evidenció en los registros de E2, más particularmente en un registro analizado luego de la Instancia de

Intervención. En la Figura 4.33, se muestra la única vía de cambio vinculada a esta categoría:

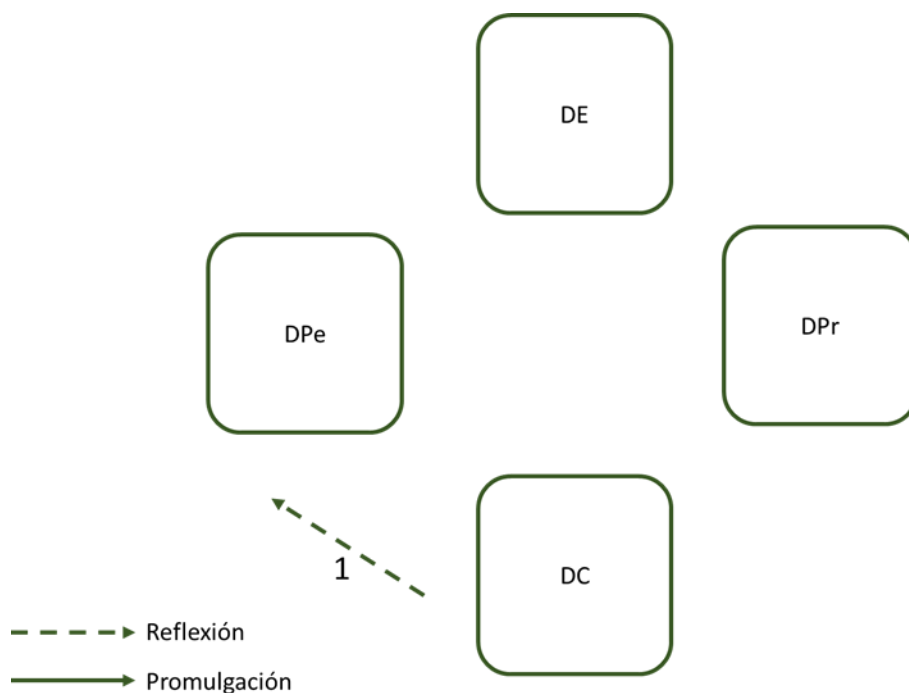


Figura 4.32. Cambios vinculados a los procesos de formación de E2 en torno a la categoría Modelos de enseñanza durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

Además, con relación al cambio reconocido por E2 en cuanto a su conocimiento profesional, solo estuvo involucrada una de las dimensiones consideradas, cuyo registro consta en la Figura 4.34:

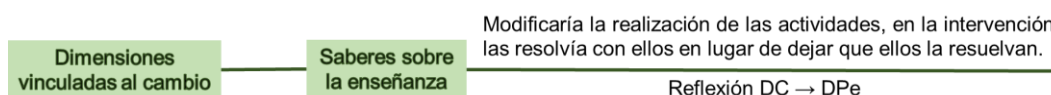


Figura 4.34. Cambios reconocidos por E2 en torno a su conocimiento profesional sobre la categoría Modelos de enseñanza durante la Fase 2. Fuente: elaboración propia.

Algo recurrente en E2 fue su forma tradicional de plantear sus clases en todas las instancias de la propuesta de formación. A saber, tanto la secuencia didáctica que diseñó al finalizar la Fase 1, como los sucesivos rediseños de dicha secuencia para su implementación durante la Instancia de Simulacro y la de Intervención, si bien fueron propuestas constructivistas donde la actividad de modelización tuvo un rol fundamental, se pudo observar cierto “tinte”

tradicional, principalmente en la manera de abordar las actividades durante su práctica docente. Sin embargo, luego de la Instancia de Intervención, E2 pudo reflexionar sobre esta cuestión al dar cuenta de que debería realizar un cambio en la manera en que llevó a cabo su clase. Esto se ve reflejado en el registro de la figura presentada anteriormente, donde claramente se observa la necesidad de E2 de cambiar su mirada tradicional de llevar a cabo sus clases (donde el docente resuelve las actividades sin dejar lugar a que los alumnos sean los que construyan su conocimiento), hacia un modelo de enseñanza más constructivista.

En síntesis, una consideración a tener en cuenta para este apartado correspondiente al análisis de las categorías inductivas, y que se relaciona estrechamente con el marco metodológico seleccionado para esta tesis, es el hecho de que las relaciones con el Dominio de la Consecuencia solo se evidenciaron en aquellos registros donde las participantes reflexionaron sobre estas otras temáticas diferentes al tópico modelos y modelización. Esto puede explicarse debido a que, como el Dominio de la Consecuencia remite a los resultados destacados de la práctica áulica, solo se encontraron vías de cambio durante Prácticas Docentes 1 de Matemática, es decir, cuando las docentes en formación comenzaron a transitar el ejercicio profesional. En este sentido, sus preocupaciones estuvieron más ligadas a la práctica áulica y no tanto al tópico en cuestión.

Capítulo 5. Conclusión

Esta investigación, cuyo punto de partida fue la pregunta acerca de cómo se expresan las dinámicas de cambio promovidas a partir de prácticas reflexivas, en el conocimiento profesional de los docentes en formación, se desarrolló durante el trayecto formativo del Profesorado en Matemática de la UNMdP, ámbito de desempeño profesional de este tesista. En particular, se estudiaron dos casos representados por dos participantes (E1 y E2), docentes en formación en matemática, en dos fases a lo largo del cursado de las asignaturas Didáctica de la Matemática (Fase 1) y Prácticas Docentes 1 de Matemática (Fase 2). A tales fines se diseñó una propuesta de formación sobre el tópico modelos y modelización, entendiendo que este resulta ser clave para la enseñanza y el aprendizaje, tanto de la matemática como de las ciencias naturales, aunque no siempre es abordado con la profundidad requerida. En la Fase 1 se diseñó y puso en marcha una Unidad Didáctica (UD) sobre el tópico en cuestión, con el propósito de que los docentes en formación logaran problematizar el concepto de modelo en cuanto categoría teórica y, consecutivamente, implementar los modelos en el aula de manera sistemática y regulada. En línea con lo anterior, que pudieran desarrollar la capacidad de seleccionar el modelo científico escolar en función de su adecuación a las particularidades del contexto educativo, para así diseñar una secuencia didáctica en torno a dicho tópico y, posteriormente, durante la Fase 2, implementarla en el nivel secundario y/o preuniversitario. En cuanto a la perspectiva teórico-metodológica, esta se estructuró a partir de tres componentes: un conjunto de constructos teóricos que se centran en la relevancia de las prácticas reflexivas en la formación inicial del profesorado; otro, en torno a modelos y modelización en la enseñanza de las ciencias; por último, un marco teórico-metodológico específico conocido como Modelo Interconectado de Crecimiento Profesional Docente (IMTPG, por sus siglas en inglés) a partir del cual se pudo describir y analizar la construcción del conocimiento profesional docente.

Con relación a la pregunta que dio inicio a esta investigación, los resultados hablan del éxito parcial de una propuesta de formación mediada por prácticas reflexivas. En cuanto al IMTPG, este resultó ser una matriz de análisis rigurosa

y a la vez flexible, pues permitió sistematizar las reflexiones de las participantes facilitando su interpretación y, además, se mostró susceptible de que se le realicen algunas adaptaciones, como es el caso de esta tesis, sin alterar su operatividad. Es decir, a partir de este modelo se pudo leer el proceso de aprendizaje de las docentes en formación en torno a una propuesta centrada en la reflexión, durante la formación inicial, a la vez que este marco teórico-metodológico podría extrapolarse a una multiplicidad de casos y situaciones, en diferentes contextos, dentro de la línea de investigación propuesta para este trabajo. En este sentido, el análisis de los datos provenientes de los distintos instrumentos implementados durante las dos fases correspondientes a la propuesta de formación evidenció que la implementación de dicha propuesta impactó en el desarrollo del conocimiento profesional docente de ambas participantes, pero de manera diferente.

En el caso de E1, logró trascender su concepción inicial sobre el tópico modelos y modelización, al realizar un movimiento desde una visión sintáctica de los modelos científicos hacia una más cercana a la perspectiva semanticista lo que, desde la perspectiva de esta tesis, se considera superador pues en el ámbito de la enseñanza de la matemática está más presente la perspectiva sintáctica. Cabe destacar que en esta investigación se incorporó a la didáctica disciplinar, con sus núcleos problemáticos en torno a teorías de enseñanza y aprendizaje, la categoría teórica correspondiente a modelos y modelización, no desconocida por el estudiantado, pero sí novedosa en cuanto a la perspectiva epistémica desde la que se la abordó. De esta manera, E1 llegó a modificar, al menos durante la etapa observada, los saberes arraigados a lo largo de su biografía escolar, los que generalmente resultan resistentes al cambio. Esto se manifestó en su capacidad para visualizar modelos con una amplia variedad de registros semióticos (cf. Adúriz-Bravo, 2011) y reconocer su carácter parcial, como lo plantea Justi (2011). En cuanto a la categoría "modelización", E1 demostró un avance significativo al comprender la modelización como un proceso cíclico, dinámico y no lineal (Gilbert & Justi, 2016), incorporando la importancia de los modelos mentales de los estudiantes (Galagovsky et al., 2014). Además, E1 destacó las prácticas de modelización como una manera de resignificar la matemática y su conexión con la realidad. Es decir, pudo

expresar que hacer matemática es una forma de interpretar el mundo, en línea con una perspectiva que propone ir más allá del entramado propio de los razonamientos deductivos introduciendo el modo del pensamiento abductivo.

En el caso de E2, no cambió sustancialmente en su forma de concebir los modelos, ya que se mantuvo en su concepción formalista inicial. La misma situación se presentó con su concepción inicial de modelización, ya que no reflexionó sobre dicho concepto ni lo puso en tensión a la luz de lo trabajado en la UD. Sin embargo, destacó la significatividad del uso de modelos en el aula en cuanto a la posibilidad de transferir dicha práctica a diferentes situaciones; es decir, incorporar los principales elementos del modelo en cuestión para poder aplicarlo a múltiples situaciones, no solo a las vinculadas con el ámbito de la ciencia (Justi, 2011).

Además, durante la Fase 2, se fueron registrando otros cambios en el conocimiento profesional de las participantes, los que acompañaron a los producidos en torno al uso de modelos y a la actividad de modelización en la enseñanza. A saber, ambas reflexionaron sobre otras cuestiones que fueron categorizadas como “Autopercepción docente”, “Tipos de recursos”, “Dispositivos discursivos”, “Conocimiento sobre el aprendizaje y los estudiantes”. Por otra parte, solo en las narrativas de E1 se analizaron registros que dieron cuenta de cambios en su conocimiento profesional docente sobre la categoría “Gestión de la clase”, mientras que únicamente en las de E2, se advirtieron cambios en la categoría “Modelos de Enseñanza”.

En el caso de E1, luego de finalizar el simulacro, expresó una falta de confianza en su capacidad para llevar a cabo una clase efectiva. Sin embargo, experimentó un cambio positivo en su “Autopercepción docente” al poder reconocer, luego de la intervención, su capacidad para generar un aprendizaje significativo, motivar a los estudiantes y adaptar su práctica a las necesidades del aula. Además, del hecho de que se reconociera como una docente en proceso de aprendizaje, se puede inferir que empezó a tomar conciencia de que dicho proceso se va a extender en el tiempo, más allá de este tramo formativo. Con relación a los “Tipos de recursos”, valoró la tecnología, pero no como la única herramienta para el aprendizaje, ya que tras la intervención se dio cuenta de la importancia del pizarrón, como recurso adicional. Así,

reconoció la necesidad de contar con diferentes recursos para responder a las necesidades del aula. En cuanto a los “Dispositivos Discursivos”, reconoció la importancia de la claridad y precisión en la elaboración de las actividades para sus estudiantes, asumiendo que el lenguaje debe ser comprensible para todos, y adaptarse a las particularidades de un determinado contexto áulico. Acerca de la categoría “Conocimiento sobre el Aprendizaje y los Estudiantes”, reconoció la importancia de conocer a sus estudiantes para poder ofrecerles un aprendizaje significativo y adaptado a su contexto de pertenencia. Por último, con respecto a la “Gestión de la Clase”, E1 reconoció el rol constante del docente como moderador, pero sin abandonar su papel de guía en el aprendizaje de los estudiantes.

En el caso de E2, a diferencia de E1, no experimentó un cambio sustancial en su “Autopercepción docente” a lo largo del trayecto formativo. Se mostró inicialmente segura de su capacidad para enseñar, pero reconoció la necesidad de modificar su modelo de enseñanza tradicional, especialmente tras la intervención. Lo anterior se produjo por la falta de motivación de los estudiantes, lo que la llevó a reflexionar sobre su práctica docente y a considerar la posibilidad de adoptar, a futuro, un enfoque más constructivista. Aunque reconoció la importancia de la motivación en el aprendizaje, no exploró a fondo sus propias fortalezas docentes. Con respecto a los “Tipos de Recursos”, se limitó a mencionar los utilizados en la intervención, sin profundizar en su impacto o en la forma en que los utilizó para promover el aprendizaje. No reflexionó sobre la elección de los recursos o sobre cómo estos pueden contribuir a una experiencia de aprendizaje más significativa. En cuanto a los “Dispositivos Discursivos”, se preocupó por el vocabulario utilizado en la clase, reconociendo la necesidad de modificar su forma de expresarse. A diferencia de E1, no se centró en la claridad y precisión de las actividades, pero sí se mostró consciente en la importancia de adaptar su discurso a las particularidades del contexto áulico. En relación con el “Conocimiento sobre el Aprendizaje y los Estudiantes”, se mostró menos consciente que E1 acerca de la importancia de adaptar las actividades al grupo específico de estudiantes, aunque reconoció que presentar problemas novedosos resulta motivador. Por último, se refirió a los “Modelos de Enseñanza” al reconocer las limitaciones de

su enfoque tradicional actual y la necesidad de cambiar hacia una perspectiva más constructivista. Por lo tanto, las reflexiones de E2 tras la intervención evidenciaron su interés por desarrollar un modelo de enseñanza más centrado en el estudiante y en la construcción activa del conocimiento.

Finalmente, cabe destacar que estos cambios, sumados a los producidos en torno al uso de modelos y a la actividad de modelización, confirman la idea de la complejidad del conocimiento profesional docente (cf. Porlán et al., 2010). A saber, se registraron tanto conocimientos que devienen de la integración entre la teoría, la experiencia, la reflexión y la acción, cuando E1 y E2 interactuaron con el tópico modelos y modelización, como otros referidos a las concepciones de los alumnos, los obstáculos en el aprendizaje, la práctica docente en un determinado contexto social y cultural y la autopercepción docente, cuando E1 y E2 reflexionaron de manera más intuitiva.

En lo concerniente a las dinámicas de cambio analizadas durante este trabajo, cabe destacar que, a lo largo de la Propuesta Formativa, se evidenció que determinados ámbitos, como los espacios en los que se desarrollaron prácticas en el aula (Fase 2) propiciaron una mayor cantidad de reflexiones, aunque E1 y E2 no llegaron a un nivel de reflexión crítica. Al respecto, resulta pertinente tener en cuenta lo antes observado, en cuanto a la relación entre reflexiones y ámbitos de aprendizaje, para seguir elaborando nuevas y mejores retroalimentaciones formativas (Anijovich & Cappelletti, 2020) que estimulen la recuperación de los marcos teóricos, no solo los pedagógicos sino también los disciplinares, a la hora de reflexionar sobre un aspecto puntual de la práctica. Por ejemplo, durante esta investigación no se han identificado reflexiones sobre el tópico modelos y modelización en los resultados destacados durante la práctica en el aula. Esto puede entenderse si se considera la dinámica propia del tramo formativo, ámbito en el que principalmente se suelen experimentar y problematizar las teorías y las prácticas docentes en contexto. Por lo tanto, no es extraño que las preocupaciones de las participantes estuvieran más ligadas a la práctica áulica y no tanto al tópico en cuestión, sobre todo teniendo en cuenta que eran sus primeras experiencias en el aula.

En síntesis, la propuesta de formación logró generar cambios significativos en el conocimiento profesional docente sobre modelos y modelización,

especialmente en E1, lo que confirma la idea de que las prácticas reflexivas resultan fundamentales para propiciar una enseñanza autónoma y profesional (Kortaghen, 2010). A su vez, evidenció que el conocimiento profesional docente abarca diferentes aspectos, lo que exige que la formación inicial docente los incorpore de manera integral. Este trabajo de tesis ha demostrado también el valor de la investigación-acción como herramienta para comprender las dinámicas del desarrollo profesional docente y para diseñar propuestas formativas más efectivas.

Consideraciones finales

Con este trabajo, en el que se aborda específicamente el tópico modelos y modelización, se puede realizar un aporte interesante al campo de las prácticas reflexivas durante la formación inicial del Profesorado en Matemática. No obstante, queda todavía un largo camino por recorrer, pues si bien se identificó una línea de investigación potente en torno a los tópicos aquí abordados (por ejemplo, Gilbert et al., 2010) esta está más desarrollada en el ámbito de las ciencias naturales que en el de la matemática. Aun así, la presente investigación, aunque exploratoria y con un número limitado de participantes, proporciona algunos hallazgos interesantes sobre el desarrollo profesional docente en torno a modelos y modelización durante la formación inicial del Profesorado en Matemática.

Por un lado, los resultados obtenidos, tanto aquellos relacionados con las categorías consideradas a priori, como los relacionados con las emergentes, permiten afirmar la importancia de profundizar en la investigación sobre el impacto de las prácticas reflexivas en la formación inicial docente, especialmente con relación a las creencias previas y a los modelos mentales de los docentes en formación. Esto requeriría implementar acciones por parte de los docentes formadores para que los docentes en formación logren una mayor profundidad en sus reflexiones. Por ejemplo, promover la investigación-acción en tanto herramienta de cambio, con el propósito de generar procesos de aprendizaje transformadores para los docentes tanto en formación como en ejercicio. En línea con la anterior, se plantea la necesidad de promover la reflexión como una práctica habitual durante toda la formación inicial, lo que

favorecería, entre otras cosas, integrar la teoría y la práctica, superando la incorporación acrítica de contenidos disciplinares que suele presentarse durante esta instancia (Rodríguez Pech & Alamilla Morejón, 2018). Además, la relevancia de propiciar instancias en las que las prácticas reflexivas permitan ir resignificando, de forma sostenida, diversos saberes disciplinares. Por ejemplo, el concepto reduccionista de modelo que las docentes en formación, como ya se advirtió, han ido sedimentando durante el tramo disciplinar del Profesorado en Matemática. De esta manera se podría repensar la práctica docente, en pos de su fortalecimiento, tendiendo hacia una mirada interdisciplinaria entre las ciencias naturales y la matemática. Para esto sería necesario acercar a las disciplinas, ya desde el tramo de formación docente, a partir de tópicos que promuevan trabajos interdisciplinarios. Una posibilidad es involucrar a los docentes en formación en unidades didácticas basadas en el uso sistemático y regulado de modelos, abordados desde una perspectiva de corte semanticista en el marco de la didáctica de las ciencias naturales y la matemática.

Por otro lado, de la presente tesis se desprende también la necesidad de desarrollar propuestas formativas más completas, que aborden de forma integral el conocimiento profesional docente, incluyendo la dimensión metacientífica y los saberes sobre la enseñanza. Es por esto que, con el propósito de lograr una mayor cantidad de reflexiones que involucren relaciones entre la teoría y la práctica, se podrían implementar nuevas estrategias durante el cursado de las asignaturas bajo estudio. Por ejemplo, promover que los docentes en formación, a medida que se familiarizan con los contenidos teóricos propios de la Didáctica de la Matemática, vayan teniendo pequeñas intervenciones en el aula para así poder reflexionar sobre estos contenidos, a la luz de sus propias experiencias áulicas. De esta manera, podría propiciarse que los futuros docentes reflexionen sobre algunos tópicos centrales en la disciplina como, en este caso, modelos y modelización, mientras realizan dichas intervenciones. En la misma dirección se plantea la necesidad de incorporar en las prácticas Pre-profesionales previas a la residencia (Prácticas Docentes 1 de Matemática, en el caso de la UNMdP) contenido teórico sobre la enseñanza dialógica en la construcción del conocimiento, para promover que los docentes en formación puedan reflexionar

sobre sus secuencias didácticas al incluir las dinámicas propias de una interacción regulada y significativa.

Para finalizar, esta investigación apunta a fortalecer el tramo formativo del Profesorado en Matemática de la Universidad Nacional de Mar del Plata realizando aportes: por un lado, al desarrollo y profundización de herramientas que mejoren las mediaciones; por el otro, al campo de la formación inicial del profesorado con nueva evidencia en aspectos poco indagados hasta ahora, como el desarrollo del conocimiento profesional docente sobre el tópico modelos y modelización. A su vez, propiciar una articulación más significativa de las asignaturas correspondientes a los Campos de la Formación General, Pedagógico y de las Prácticas Profesionales Docentes en pos de mejorar la propuesta de formación que ofrece dicha unidad académica. De esta manera, se prevé contribuir a una formación docente más sólida y contextualizada, que permita a los futuros docentes desarrollar las competencias para llevar a cabo una enseñanza de la matemática significativa, creativa y conectada con la realidad.

Bibliografía

- Acevedo, L. C., Casamajor, A. M., Espinoza, A. M. (2021). La elaboración de representaciones modélicas para aprender ciencias naturales. *Revista del IICC*, 50, 187-206. DOI: <https://doi.org/10.34096/iice.n50.11274>
- Acher, A. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 36, 63-75. <https://doi.org/10.17227/01213814.36ted63.75>
- Adúriz-Bravo, A. (2011). Concepto de modelo científico: una mirada epistemológica de su evolución. En Lydia Galagovsky (coord.), *Didáctica de las Ciencias Naturales. El caso de los modelos científicos* (pp. 141-161). Colección Nuevos Paradigmas, Editorial Lugar.
- Adúriz-Bravo, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación química*, 23(2), 248-256. DOI: 10.1016/S0187-893X(17)30151-9
- Adúriz-Bravo, A. (2013). Características epistemológicas clave de los modelos científicos relevantes para la didáctica de las ciencias. Actas IX Congreso Internacional Sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Girona, España, 22-26. https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2013nExtra/edlc_a2013nExtrap22.pdf
- Adúriz-Bravo, A. (2017). Pensar la enseñanza de la física en términos de “competencias”. *Revista de Enseñanza de la Física*, 29(2), 21-31. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/18801/18655>
- Adúriz-Bravo, A. (2018). Aportaciones de la epistemología y la historia de la ciencia a la modelización y la argumentación científicas escolares. En Ma. Gabriela Lorenzo, H. Santiago Odettim, A. Emilia Ortolani (eds.), *Comunicando la Ciencia. Avances en investigación en Didáctica de la Ciencia* (pp. 123-130). Universidad Nacional del Litoral. <http://hdl.handle.net/11336/161596>
- Adúriz-Bravo, A. (2022). Marco conceptual para fomentar genuina “actividad metacientífica escolar” en las clases de ciencias naturales. *Nuevas Perspectivas*, 1(1), 1-15.

<https://revistanuevasperspectivas.aduba.org.ar/ojs/index.php/nuevasperspectivas/article/view/11/8>

- Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 4(1), 40-49. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273320452005>.
- Adúriz-Bravo, A., Labarca, M. y Lombardi, O. (2014). Una noción de modelo útil para la formación del profesorado de química. En Cristian Merino Rubilar, Marcela Arellano, Agustín Adúriz-Bravo (eds.), *Avances en Didáctica de la Química: Modelos y lenguajes* (pp. 37-50). Ediciones Universitarias de Valparaíso.
- Alexander, R. J. (2004). *Towards dialogic teaching: Rethinking classroom talk*. Cambridge: Diálogos.
- Aliberas, J. (2006). Diàleg socràtic a la classe de ciències. *Ciències. Revista del Professorat de Primària i Secundària*, 3, 29-33. DOI:10.5565/rev/ciencies.320
- Alliaud, A. (2015). Los artesanos de la enseñanza pos-moderna. Hacia el esbozo de una propuesta para su formación. *Historia y Memoria de la Educación*, 1, 319-349. DOI: 10.5944/hme.1.2015.12704.
- Alzayed, Z. A. y Alabdulkareem, R. H. (2021). Enhancing cognitive presence in teachers' professional learning communities via reflective practice. *Journal of Education for Teaching*, 47(1), 18-31. DOI: 10.1080/02607476.2020.1842134.
- Anijovich, R. y Cappelletti, G. (2014). La formación docente en Ciencias Jurídicas. El análisis de los incidentes críticos en la enseñanza. *Revista de Educación*, 7, 273-293. https://fh.mdp.edu.ar/revistas/index.php/r_educ/article/view/993/1034
- Anijovich, R. y Cappelletti, G. (2017). Práctica Reflexiva... Hilos que conforman una trama. En Àngels Domingo Roget y Rebeca Anijovich (coords.), *Práctica Reflexiva: Escenarios y horizontes. Avances en el contexto internacional*. Editorial Aique.
- Anijovich, R. y Cappelletti, G. (2018). La práctica reflexiva en los docentes en servicio. Posibilidades y limitaciones. *Espacios en Blanco*.

- Revista de Educación*, 28, 75-90.
<https://www.redalyc.org/journal/3845/384555587005/384555587005.pdf>
- Anijovich, R. y Cappelletti, G. (2020). La retroalimentación formativa: una oportunidad para mejorar los aprendizajes y la enseñanza. *Revista Docente Universitaria*, 21(1), 81-96.
 - Aragón, L., Jiménez-Tenorio, N., Oliva-Martínez, J. M., y Aragón-Méndez, M. M. (2018). La modelización en la enseñanza de las ciencias: criterios de demarcación y estudio de caso. *Revista Científica*, 32(2), 193-206. <https://doi.org/10.14483/23448350.12972>
 - Ariza, Y. (2013). Contribuciones para una didáctica modeloteórica de las ciencias [tesis de maestría, Universidad Nacional de Tres de Febrero]. Repositorio Institucional UN. DOI:10.13140/RG.2.2.32532.55687
 - Ariza, Y. (2022). La noción de “modelo teórico” en la enseñanza de la química: representación y función del sistema periódico. *Educación Química*, 33(4), 97-110. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.4.0.81499>
 - Ariza, Y., Lorenzano, P. y Adúriz-Bravo, A. (2020). Bases modeloteóricas para la ciencia escolar: la noción de “comparabilidad empírica”. *Estudios Pedagógicos XLVI*, 2, 447-469. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052020000200447>
 - Belvis, E., Pineda, P., Armengol, C. y Moreno, V. (2013). Evaluation of reflective practice in teacher education, *European Journal of Teacher Education*, 36(3), 279-292. DOI: 10.1080/02619768.2012.718758
 - Blomhøj, M. (2004) Mathematical modelling - A theory for practice. En Clarke, B., Clarke, D. Emanuelsson, G., Johnansson, B., Lambdin, D., Lester, F. Walby, A. y Walby, K. (eds.), *International Perspectives on Learning and Teaching Mathematics* (pp. 145-159). National Center for Mathematics Education. Suecia.
 - Bonilla Solano, J. A. y Escolá, M. F. (2023). La práctica reflexiva mediante el uso de recursos en la formación inicial del profesor de matemáticas [sesión de conferencia]. XVI CIAEM-IACME, Lima, Perú. <https://xvi-ponencias.ciaem-iacme.org/index.php/xviciaem/xviciaem/paper/viewFile/1671/777>

- Bruccini, R. (2021). Reflexiones sobre la formación en la práctica profesional: proximidades teóricas, curriculares y normativas y conclusiones de un proceso de investigación. *Revista de Investigación del Instituto de Ciencias de la Educación*, 2(2), 127-153. <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/encuentroE/article/view/5137>
- Campbell, T., Oh, P. S., Maughn, M., Kiriazis, N. y Zuwallack, R. (2015). A review of modeling pedagogies: Pedagogical functions, discursive acts, and technology in modeling instruction. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(1), 159-176. DOI:10.12973/eurasia.2015.1314^a
- Cancio, C. y López López, G. (2021). El desafío cognitivo detrás de las actividades. Una experiencia de práctica reflexiva para interrogar las clases. En Rebeca Anijovich y Graciela Cappelletti (comps.), *Formar en práctica reflexiva* (pp. 139-152). Editorial Aique.
- Carlson, J. y Daehler K. R. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. En Anne Hume, Rebecca Cooper y Andreas Borowski (eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 77-92). Editorial Springer.
- Cerecero Medina, I. E. (2018). Propuesta de un nuevo modelo: Práctica Reflexiva Mediada. *International Journal of Technology and Educational Innovation*, 4(1), 44-53. DOI:10.24310/innoeduca.2018.v4i1.3595
- Chamizo, J. A. (2006). Los modelos de la química. *Educación química*, 17(4), 476-482.
- Chamizo, J. A. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza clarkede la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(4), 476-482. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2626/2275>
- Chocarro, E., González-Torres, Ma. C. y Sobrino, A. (2007). Nuevas orientaciones en la formación del profesorado para una enseñanza centrada en la promoción del aprendizaje autorregulado de los alumnos. *Estudios sobre Educación*, 12, 81-98. DOI:10.15581/004.12.24318

- Clarke, D., y Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. *Teaching and Teacher Education*, 18, 947-967. DOI:10.1016/S0742-051X(02)00053-7
- Corduras, J., Valls, M. J., Ribes, R., Marsellés, M. À., Jové, G. y Agulló, M. J. (2009). Actividades para la formación de profesionales reflexivos en la acción: una propuesta de desarrollo de competencias desde los créditos prácticos en los estudios de Maestro de Educación Especial. *REIFOP*, 12 (2), 73-83.
- Cornejo, J. (2003). El pensamiento reflexivo entre profesores. *Revista Pensamiento educativo*, 32, 343-373. <https://pensamientoeducativo.uc.cl/index.php/pel/article/view/26535/21315>
- Cruickshank, D. R. (1987). *Reflective Teaching: The Preparation of Students of Teaching*. Association of Teacher Educators.
- Cuenca, L., Palauro, L., Vivera, C., Astiz, M., Ferrante, J. (2018). Modelización Matemática. Problemas para el aula. *En el Acta Final de las 3eras Jornadas de Enseñanza, Capacitación e Investigación en Ciencias Naturales y Matemática* (pp. 305-313). DOI:10.13140/RG.2.2.26252.56963
- Cutrera, G. y García, M. B. (2021). Reflexión, Formación Inicial y Modelo Interconectado de Crecimiento Profesional Docente. Un estudio de caso. *Revista Binacional Brasil Argentina: diálogo entre as ciencias*, 10(2), 322-346. DOI:10.22481/rbba.v10i02.9507
- Davini, M.C. (2008). *Métodos de enseñanza: didáctica general para maestros y profesores*. Editorial Santillana.
- Davini, M.C. (2015). *La formación en la práctica docente*. Editorial Paidós.
- Dewey, J. (2007). *Cómo pensamos*. Editorial Paidós.
- Díaz Guevara, C. A., Garay Garay, F. R., Acosta Paz, J. D., Adúriz-Bravo, A. (2019). Los modelos y la modelización científica y sus aportes a la enseñanza de la periodicidad química en la formación inicial del profesorado. *Didacticae*, 5, 7-25. <https://doi.org/10.1344/did.2019.5.7-25>

- Díez, J. A. y Moulines, C. U (1999). *Fundamentos de Filosofía de la Ciencia*. Editorial Ariel, S. A.
- Domingo Roget, A. y Gómez Serés, M. V. (2014). *La práctica reflexiva*. Bases, modelos e instrumentos. Editorial Narcea.
- Doyle, W. (1990). Themes in teacher education research. En W. R. Houston (Ed.), *Handbook of research on teacher education* (pp. 3-24). New York: Macmillan.
- Echeverría, Ma. F. y García, M. B. (2022). Desarrollo del Conocimiento Profesional en la Formación Inicial de Profesores de Química. Un análisis centrado en los procesos reflexivos. En Sandra Analía Hernández (compiladora), *Actas XII Jornadas Nacionales y IX Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica* (pp. 619-624). Asociación Química Argentina. <https://www.aqa.org.ar/index.php/publicaciones2/libros/jornadas-de-ensenanza>
- Esteley, C. y Cruz, M. F. (2021). Producción de sentidos sobre modelización: el caso de un grupo de futuras profesoras. *Quadrante: Revista de Investigação em Educação Matemática*, 30(2), 269-292. <https://doi.org/10.48489/quadrante.23937>
- Ferrante, J., García, M. B. y Adúriz-Bravo, A. (2021). Prácticas reflexivas y desarrollo profesional docente en la formación inicial: un estudio de casos sobre modelos y modelización. *Revista de Enseñanza de la Física*, 33(no. extra), 265-270. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/35572/35707>
- Frick, L., Carl, A. y Beets, P. (2010). Reflection as learning about the self in context: mentoring as catalyst for reflective development in pre-service teachers. *South African Journal of Education*, 30, 421-437. http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0256-01002010000300006
- Furci, V., Adúriz-Bravo, A. (2023). Enseñanza de la Física basada en modelos y modelización: un estudio de casos en escuela secundaria técnica. *Revista de enseñanza de la física*, 35(n°extra), 139-149. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/issue/view/2805>

- Galagovsky, L., Bekerman, D. y Di Giacomoet, M. A. (2014). Enseñanza de la química: lenguajes expertos como obstáculos de aprendizaje. En Cristian Merino Rubilar, Marcela Arellano, Agustín Adúriz-Bravo (eds.), *Avances en Didáctica de la Química: Modelos y lenguajes* (pp. 107-118). Ediciones Universitarias de Valparaíso.
- García, M. B. (2009). Las concepciones epistemológicas de los docentes universitarios de ciencias [tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid]. Repositorio de la Universidad. <https://repositorio.uam.es/handle/10486/131371>
- Garrido Espeja, A., Soto Alvarado, M. y Couso Lagarón, D. (2022). Formación inicial de docentes de ciencia: posibles aportes y tensiones de la modelización. *Enseñanza de las Ciencias*, 40(1), 87-105. DOI:10.5565/rev/ensciencias.3286
- Gellon, G., Furman, M., Lacreu, L., Defago, A., Cutrera, G. y Bender, G. (2009). Ciencias Naturales 3° año (SB). En Marina Paulozzo (coord.), *Diseño Curricular para la Educación Secundaria* (pp. 1-108). Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires. <https://abc.gob.ar/secretarias/areas/subsecretaria-de-educacion/educacion-secundaria/educacion-secundaria/disenos-curriculares>
- Gimenez, Y. V., Guirado, A. M.; Mazzitelli, C. A. (2021). Representaciones sociales y práctica reflexiva en la formación inicial docente en ciencias naturales y tecnología. *Revista Educación*, 45(1), 1-19. <https://doi.org/10.15517/revedu.v45i1.40654>
- Gilbert, J. K. y Justi, R. (2016). *Models and Modeling in Science Education*. Springer.
- Gilbert, J. K., Justi, R. y Queiroz, A.S. (2010). The use of a model of modelling to develop visualization during the learning of ionic bonding. En: M.F. Taşar y G. Çakmakçı (Eds.), *Contemporary science education research: international perspectives* (pp. 43-51). Ankara, Turkey: Pegem Akademi.
- Godoy, O. L. (2018). Modelos y Modelización en ciencias una alternativa didáctica para los profesores para la enseñanza de las ciencias en el

- aula. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, n° extraordinario, 1-5. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/8898>
- Guerra Zamora, P. (2009). Revisión de experiencia de reflexión en la formación inicial de docentes. *Estudios pedagógicos*, 35(2), 243-260. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052009000200014>
 - Gutiérrez, R. (2004). La modelización y los procesos de enseñanza/aprendizaje. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 42, 8-18.
 - Hatton, N. y Smith, D. (1995). Reflection in teacher education: Towards definition and implementation. *Teaching and Teacher Education*, 11(1), 33-49. [https://doi.org/10.1016/0742-051X\(94\)00012-U](https://doi.org/10.1016/0742-051X(94)00012-U)
 - Hernández Sánchez, J. A., Dueñas Cruz, A., Baez Melendres, M. y Moreno Martínez, N. (2020). La formación reflexiva del profesorado como marco de referencia en la matemática educativa. *Investigación e Innovación en Matemática Educativa*, 5, 1-21. <https://doi.org/10.46618/iime.59>
 - Huamán Cacha, M. (2021). La práctica reflexiva en la formación inicial docente en el contexto iberoamericano, una revisión de la literatura [tesis de maestría, Universidad Nacional de Tres de Febrero]. Repositorio Institucional UN. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/19747/HUAM%C3%81N_CACHA_MARIALENA.pdf
 - Huincahue, J, Borromeo-Ferri, R. y Mena-Lorca, J. (2018). El conocimiento de la modelación matemática desde la reflexión en la formación inicial de profesores de matemática. *Enseñanza de las ciencias*, 36(1), 99-115. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2277>
 - Izquierdo, M. (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Enseñanza de las Ciencias Sociales*, 6, 125-138. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=324127626010>
 - Izquierdo-Aymerich, M. y Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological Foundations of School Science. *Science & Education*, 12, 27-43. DOI: 10.1023/A:1022698205904

- Izquierdo-Aymerich, M. y Adúriz-Bravo, A. (2021). Contribuciones de Giere a la reflexión sobre la educación científica. *ArtefaCToS*, 10(1), 75-87. DOI: <https://doi.org/10.14201/art20211017587>
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M. P., Pujol, R. M. y Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las ciencias, Número Extra*, 79-91.
- Jaworski, B. (2006). Theory and practice in mathematics teaching development: critical inquiry as a mode of learning in teaching. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 9, 187-211. <https://doi.org/10.1007/s10857-005-1223-z>
- Justi, R. (2011). Las concepciones de modelo de los alumnos, la construcción de modelos y el aprendizaje de las ciencias. En Aureli Caamaño(coord.). *Didáctica de la Física y la Química* (pp. 107-131). Editorial Graó.
- Justi, R., y Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369–387. <https://doi.org/10.1080/09500690110110142>
- Justi, R. y Van Driel, J. H. (2006). The use of the IMTPG as a framework for understanding the development of science teachers' knowledge on models and modelling. *Teaching & Teacher Education*, 22, 437-450. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.11.011>
- Justi, R., Chamizo, J. A., García Franco, A. y Figueiredo, K. L. (2011). Experiencias de formación de profesores de ciencias latinoamericanos sobre modelos y modelaje. *Enseñanza de las ciencias*, 29(3), 413-426. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v29n3.445>
- Justi, R. y Figueirêdo, K. L. (2014). Conocimiento pedagógico del contenido (PCK) de profesores sobre modelización. En Cristian Merino, Marcela Arellano, Agustín Adúriz-Bravo (eds.), *Avances en Didáctica de la Química: Modelos y lenguajes* (pp. 63-78). Ediciones Universitarias de Valparaíso.

- Kaminski, E. (2003). Promoting pre-service teacher education students' reflective practice in mathematics. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 31(1), 21–32. DOI:10.1080/13598660301619
- Kennedy, M. (2002). Knowledge and teaching. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 8 (3), 355-370. DOI:10.1080/135406002100000495
- Klimovsky, G. y Boido, G. (2005). *Las desventuras del conocimiento matemático. Filosofía matemática: una introducción*. AZ editora.
- Korthagen, F. (2010). Situated learning theory and the pedagogy of teacher education: Towards an integrative view of teacher behavior and teacher learning. *Teaching and Teacher Education*, 26, 98-106. DOI:10.1016/j.tate.2009.05.001
- Litwin, E. (1997). *Las configuraciones didácticas: una nueva agenda para la enseñanza superior*. Editorial Paidós.
- Lombardi, O. (2011). Los modelos como mediadores entre teoría y realidad. En Lydia Galagovsky (coord.), *Didáctica de las Ciencias Naturales. El caso de los modelos científicos (pp. 83-94)*. Colección Nuevos Paradigmas, Editorial Lugar.
- Lopes, J. B. y Costa, N. (2007). The evaluation of modelling Competences: difficulties and potentials for the learning of the sciences. *International Journal of Science Education*, 29(7), 811-851. DOI:10.1080/09500690600855385
- Lozano, E., Adúriz-Bravo, A. y Bahamonde, N. (2020). Un Proceso de Modelización de la Membrana Celular en la Formación del Profesorado en Biología en la Universidad. *Ciência & Educação*, 26, 1-15. <https://doi.org/10.1590/1516-731320200027>
- Maia, P. F. y Justi, R. (2009). Learning of Chemical Equilibrium through Modelling-based Teaching. *International Journal of Science Education*, 31(5), 603-630. <https://doi.org/10.1080/09500690802538045>
- Mancini, M. M., Fussero, G. B. y Biber, P. A. (2023). Modelos científicos escolares: desafíos y hallazgos de una práctica docente de residencia. En Carlos Giordano, Glenda Morandi (coord.), *4º Jornadas sobre las Prácticas Docentes en las Universidad Pública. "Producir universidad, garantizar derechos y construir futuros en el mundo contemporáneo"*.

Universidad Nacional de la Plata.
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/152528>

- Marcelo, C. y Vaillant, D. (2009). *Desarrollo profesional docente. ¿Cómo se aprende a enseñar?*. Nancea, S. A. de Ediciones
- Marco Nacional para la Mejora del Aprendizaje en Matemática (2019). Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. <https://www.educ.ar/recursos/132595/marco-nacional-para-la-mejora-del-aprendizaje-en-matematica>
- Marguet, I, Esteley, C, Cristante, A. y Mina, M. (2007) Modelización como estrategia de enseñanza en un curso con orientación en Ciencias Naturales. En: Abrate, R. y Pochulu, M. (Comp.), *Experiencias, propuestas y reflexiones para la clase de Matemática*. Editado por la UNVM.
- Mariano Pérez, G., Gómez Galindo, A. A. y González Galli, A. (2018). Enseñanza de la evolución: fundamentos para el diseño de una propuesta didáctica basada en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 1-14. <https://doi.org/10.25267/RevEurekaensendivulgcienc.2018.v15.i2.2102>
- Massa, M. y Aguilera, E. (2020). Área de las Ciencias Naturales. Serie: "Desafíos Curriculares", 3, Centro de Estudios Interdisciplinarios, UNR. <https://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/18570/CEI%20-%20DC%20n3%20-%20%C3%81rea%20de%20las%20Ciencias%20Naturales%20ISSN.pdf?sequence=2>
- Mata Codes, P. y Gallart Palau, C. (2020). Formación del profesorado en modelización: primeros pasos de una profesora novel. *Modelling in Science Education and Learning*, 13(2), 43-56. DOI: 10.4995/msel.2021.12903
- Mayring, P. (2000). Qualitative Content Analysis. Forum: Qualitative Social Research, 1(2).
- Mazzitelli, C., Laudadío, J., Guirado, A. M. (2020). Reflexiones sobre la formación inicial en ciencias naturales desde la mirada de los docentes

- formadores. *Revista de Enseñanza de la Física*, 32 (no. extra), 251-259. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/31001/31661>
- Méndez Méndez, E., Arteaga Quevedo, Y. y Delgado, M. (2019). Conocimiento profesional docente en ciencias naturales: tendencias teóricas. *Areté. Revista Digital del Doctorado en Educación de la Universidad Central de Venezuela*. 5 (10), 93-117.
 - Merino, C., Moreira, P., y Marzabal, A. (2019). Análisis sistémico de la evolución de los componentes del modelo eléctrico de los estudiantes: Control, estructuras y procesos. *Didacticae*, 5, 26-42. DOI:10.1344/did.2019.5.26-42
 - Montero, L. (2001). *La construcción del conocimiento profesional docente*. Homo Sapiens.
 - Moreno Arcuri, G., López Mota, A. D. y Orrego Cardozo, M. (2021). Modelo científico escolar de arribo como herramienta teóricometodológica para abordar fenómenos: el caso de la obesidad humana. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED, Número extraordinario*, 2962-2967.
 - Nicolaou, C. T. y Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systema-tic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review*, 13, 52-73. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2014.10.001>
 - Núcleos de Aprendizajes Prioritarios (2018). Ministerio de Educación. <https://www.educ.ar/recursos/132578/nap-matematica-educacion-secundaria-ciclo-orientado>
 - Oakley, G., Pegrum, M. y Johnston, S. (2014). Introducing e-portfolios to pre-service teachers as tools for reflection and growth: lessons learnt. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 42, 36-50. <https://doi.org/10.1080/1359866X.2013.854860>
 - Oh, P. S. y Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>
 - Olavegogeoascoechea, M. y Orlandini, L. (2021). Una experiencia en la formación del Profesorado, donde los conceptos de Presión se integran

- con la Naturaleza de la Ciencia en Didáctica de las Ciencias Naturales. *Revista Bio-graffa. Escritos sobre la Biología y su enseñanza, n° extraordinario*, 1-9. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/14845/9731>
- Oliva, J. M. (2021). Líneas y resultados de investigación en torno a la dimensión instrumental de la modelización en la enseñanza de las ciencias. *Ápice. Revista de educación científica*, 5(2), 1-16. <https://doi.org/10.17979/arec.2021.5.2.7629>
 - Oliva, J. M., Aragón, M. M., Cuesta, J. (2015). The competence of modelling in learning chemical change: a study with secondary school students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13, 751-791. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9583-4>
 - Olivero, F., Martínez, M. y Santori, M. L. (2020). El problema de la modelización matemática en la formación de profesores: una propuesta de cambio curricular desde la TAD. *Educ. Matem. Pesq*, 22(4), 417-430. DOI:10.23925/1983-3156.2020v22i4p517-530
 - Orozco Marbello, A., Navarro Bolaño, D., Carvajal Prada, K., Arias Navarro, C. y Amador-Rodríguez, R. (2023). Enfoques epistemológicos recurrentes de modelo científico en la enseñanza de la física. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(1), 1-20. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i1.1602
 - Papaevripidou, M., Nicolaou, C. Th. y Constantinou, C. P. (2014). On Defining and Assessing Learners' Modeling Competence in Science Teaching and Learning. *Paper to be presented at the annual meeting of American Educational Research Association (aera)*, Philadelphia, Pennsylvania, USA.
 - Pérez Burriel, M. (2010). La evaluación de la actividad reflexiva a partir del portafolio del estudiante. *Revista de Enseñanza de la Psicología: Teoría y Experiencia*, 6(1), 1-12.
 - Perínez, C. N., Vega, M. y Occelli, M. (2020). El aprendizaje de modelos atómicos en educación secundaria a través del uso de recursos multimodales. *Educación en la Química en Línea*, 26(1), 94-105.

<https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/110/217>

- Perrenoud, P. (2011). *Desarrollar la práctica reflexiva en el oficio de enseñar. Profesionalización y razón pedagógica*. Editorial Graó.
- Pintrich, P. (2000). The role of goal orientation in self-autoregulated learning. En Boekaerts, M., Pintrich, P. y Zeidner, M. (Eds). *Handbook of self-autoregulated* (pp. 451-497). Academic Press.
- Ponce Díaz, N. y Camus Galleguillos, P. (2019). La Práctica como eje Formativo-Reflexivo de la Formación Inicial Docente. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 18(37), 113-128. Doi:10.21703/rexe.20191837ponce1.
- Porlán, R. y Martín, J. (2000). *El diario del profesor. Un recurso para la investigación en el aula*. Editorial Diada.
- Porlán, R., Martín del Pozo, R, Rivero, A, Harres, J., Azcárate, P., Pizzato, M. (2010). El cambio del Profesorado de Ciencias I: Marco teórico y formativo. *Enseñanza de las ciencias*, 28(1), 31-46. DOI:10.5565/rev/ensciencias.3619
- Prins, G.T., Bulte, A. M., van Driel, J. H. y Pilot, A. (2009). Students' involvement in authentic modelling practices as contexts in chemistry education. *Research in Science Education*, 39, 681-700. DOI:10.1007/s11165-008-9099-4
- Rodríguez, R. (2010). Aprendizaje y enseñanza de la modelación: el caso de las ecuaciones diferenciales. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 13(4), 191-210. <http://funes.uniandes.edu.co/10670/1/Rodriguez2010Aprendizaje.pdf>
- Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires (2010). *Diseño Curricular para la Educación Secundaria. Matemática Ciclo Superior 4° año*. <https://abc.gob.ar/secretarias/areas/subsecretaria-de-educacion/educacion-secundaria/educacion-secundaria/disenos-curriculares>
- Rodríguez Pech, J. y Alamilla Morejón, P. (2018). La complejidad del conocimiento profesional docente y la formación del conocimiento

- práctico del profesorado. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*, 18(2), 1-24. DOI: 10.15517/aie.v18i2.33129
- Ruffinelli, A. (2017). Formación de docentes reflexivos: un enfoque en construcción y disputa. *Educ. Pesqui.*, 43(1), 97-111. DOI:10.1590/S1517-9702201701158626
 - Russell, T. (2012). Cambios paradigmáticos en la formación de profesores: Peligros, trampas y la promesa no cumplida del profesional reflexivo. *Encounters/Encuentros/Rencontres on Education*, 13, 71-91. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4110032>
 - Sanjurjo, L. (2009). Razones que fundamentan nuestra mirada acerca de la formación de prácticas. En Liliana Sanjurjo (coord.), *Los dispositivos para la formación en las prácticas profesionales* (pp. 15-44). Homo Sapiens Ediciones.
 - Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En Francisco Javier Perales Palacios y Pedro Cañal de León (coords.), *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 239-266). Editorial Marfil.
 - Sans Pinillos, A. y Adúriz-Bravo, A. (2021). Un lugar para el razonamiento abductivo en la formación de profesores de ciencias. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED, Número Extraordinario*, 1825-1830.
 - Sans Pinillos, A. y Adúriz-Bravo, A. (2022). Lectura epistemológica de la historia de la ciencia en los "descubrimientos": explicación y abducción en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 15(2), 570-594. DOI:10.53727/rbhc.v15i2.816
 - Schön, D. (1983). *The reflective practitioner: how professionals think in action*. Basic Books.
 - Schön, D. (1992). *La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Editorial Paidós.
 - Schön, D. (1998). *El profesional reflexivo. Cómo piensan los profesionales cuando actúan*. Editorial Paidós.

- Seckel, M. J. y Font, V. (2020). Competencia reflexiva en formadores del profesorado de matemática. *Revista Internacional de Investigación en Educación*, 12(25), 127-144. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.m12-25.crfp>
- Sensevy, G., Tiberghien, A., Santini, J., Laubé, S. y Griggs, P. (2008). An epistemological approach to modeling: Cases studies and implications for science teaching. *Science education*, 92(3), 424-446. <https://doi.org/10.1002/sce.20268>
- Soto Alvarado, M. B. (2019). Influencia de una propuesta formativa centrada en la modelización en la evolución del modelo científico escolar de energía en futuros docentes de física y matemática [tesis doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona]. Repositorio de la universidad. <https://ddd.uab.cat/record/213653>
- Soto Alvarado, M. y Couso Lagarón, D. (2023). Construcción de un modelo sofisticado de energía en futuros docentes de física. *Enseñanza de las ciencias*, 41(2), 25-45. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5585>
- Soto, M., Couso, D., López, V. y Hernández, M. I. (2017). Promoviendo la apropiación del modelo de energía en estudiantes de 4.º de ESO a través del diseño didáctico. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1), 90-106. <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2003>
- Souto, M. (2017). *Pliegues de la formación. Sentidos y herramientas para la formación docente*. Homo Sapiens Ediciones.
- Stake, R. (2012). Estudio de casos cualitativos. En Norman K. Denzin y Yvonna Lincoln (coords.), *Manual de investigación cualitativa* (pp. 154-197). Editorial Gedisa.
- Sulbarán, J. P. (2001). La Teoría de Acción: Posibilidades de Aplicación en el Ámbito Universitario. *Actualidad Contable Faces*, 4(4), 7-16. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25700402>
- Tagle, T. (2011). El enfoque reflexivo en la formación docente. *Calidad en la Educación*, 34, 203-215. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-45652011000100011>

- Tardiff, M. (2004). *Los saberes del docente y su desarrollo profesional*. Editorial Narcea.
- Ufuk, T. (2017). Investigation of Reflective Teaching Practice Effect on Training Development Skills of The Pre-service Teachers. *Journal of Education and Training Studies*, 5(6), 232-239. <https://doi.org/10.11114/jets.v5i6.2348>.
- Umpiérrez-Oroño, S., Píriz-Giménez, N., Olivero, M. J., Cabrera-Borges, C. y Donato, N. (2023). Competencias científicas y modelización: estudio de un caso en la formación de docentes. *Ciênc. educ.*, 29, 1-13. <https://doi.org/10.1590/1516-731320230046>
- Upmeier zu Belzen, A., van Driel, J. y Krüger, D. (2019). Introducing a Framework for Modeling Competence. En Annette Upmeier zu Belzen, Dirk Krüger, Jan van Driel (eds.), *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education* (pp. 3.20). Springer.
- Van Frassen, B. C. (1989). *Laws and Symmetry*. Oxford University Press Inc.
- Van Woerkom, M. (2003). *Critical reflection at work. Bridging individual and organizational learning* [tesis doctoral no publicada, University of Twente, Enschede, The Netherlands].
- Vasilachis de Gialdino, I. (2006). La Investigación Cualitativa. En Irene Vasilachis de Gialdino (coord.), *Estrategias de investigación cualitativa* (pp. 23-64). Editorial Gedisa.
- Vercellino, S. (2020). Sobre el dispositivo y su potencia para pensar lo escolar. En Felicitas Acosta (comp.), *Derecho a la educación y escolarización en América Latina* (pp. 97-118). Ediciones UNGS. <https://ediciones.ungs.edu.ar/wp-content/uploads/2020/06/9789876304801-completo.pdf>
- Villarreal, M. E. (2019). Experiencias de modelización en la formación de futuros profesores en matemática [sesión de conferencia]. XV CIAEM-LACME, Medellín, Colombia.
- Villarreal, M. E. y Mina, M. (2020). Actividades Experimentales con Tecnologías en Escenarios de Modelización Matemática. *Bolema*, 36(67), 786-824. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v34n67a21>

- White, M. D. y Marsh, E. E. (2006). Content Analysis: A Flexible Methodology. *Library Trends*, 55(1), 22-45. DOI:10.1353/lib.2006.0053
- White, E. C. (2020). La práctica reflexiva en las residencias de la formación docente inicial: entramado de voces y sentidos [tesis de maestría, Universidad de San Andrés]. Repositorio institucional. <https://repositorio.udesa.edu.ar/jspui/handle/10908/17975>
- Yaffe, E. (2010). The reflective beginner: using Theory and practice to facilitate reflection among newly qualified teachers. *Reflective Practice*, 11(3), 381-391. <https://doi.org/10.1080/14623943.2010.490070>
- Zabalza, M. A. (2004). *Diarios de Clase. Un instrumento de investigación y desarrollo profesional*. Editorial Narcea.
- Zajic, J. O. y Maksimovic, J. (2020). Contemporary teachers' action research – basis for the development of reflective practice in education. *Research in Pedagogy*, 10(2), 354-366. DOI: 10.5937/IstrPed2002354O.
- Zanotti, M. y Sgaramella, M. (2019). La investigación acción y la práctica reflexiva en la Universidad: Por partida doble. *RAES*, 11(19), 30-38. http://www.revistaraes.net/revistas/raes19_art2.pdf
- Zeichner, K. (1993). El maestro como profesional reflexivo. *Cuadernos de Pedagogía*, 220, 44-49.
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining Self-Regulation: A Social Cognitive Perspective. En Boekaerts, M., Pintrich, P. y Zeidner, M. (Eds). *Handbook of self-autoregulated* (pp. 451-497). Academic Press.
- Zink, R. y Dyson, M. (2009). What does it mean when they don't seem to learn from experience?. *Cambridge Journal of Education*, 39(2), 163-174. <https://doi.org/10.1080/03057640902905388>
- Zwart, R. C., Wubbels, T., Bergen, T. C. M. y Bolhuis, S. (2007). Experienced teacher learning within the context of reciprocal peer coaching. *Teachers and Teaching*, 13, 165-187. <https://doi.org/10.1080/13540600601152520>

Anexo 1

Autor/es (año)	Propuesta y principales resultados
Ponce Díaz y Camus Galleguillos (2019)	<p>En este artículo se propone un modelo pedagógico para la Formación Inicial Docente (FID), desplegado bajo el eje de la práctica y con foco en el desarrollo de competencias de reflexión e investigación-acción para la Facultad de Educación de la Universidad de Antofagasta. Dicho modelo reflexivo formativo consta de tres fases: la del conocimiento en la acción, previa al inicio del proceso de planificación; la de la reflexión durante la acción, durante la cual el docente en formación inicia un proceso de reflexión in situ. Por último, en la fase de reflexión sobre la acción y sobre la reflexión en la acción, el profesor en formación realiza un análisis a posteriori de los procesos y características de las acciones implementadas. A modo de conclusión, se reafirma la importancia de este modelo para el cambio del modelo formativo actual de la FID, considerando itinerarios reflexivos, críticos y sistemáticos, los que, en su dinamismo y despliegue, permitirán la creación de diferentes espacios sociales y educativos. Además, se destaca que el Modelo Formativo-Reflexivo propuesto no debe entenderse como un evento pedagógico único y aislado, sino más bien como un espacio de innovación, de cooperación mutua y bidireccional entre la Universidad y el Sistema Educativo.</p>
Zanotti y Sgaramella (2019)	<p>Este artículo describe una experiencia de investigación-acción en la Universidad Nacional de Tres de Febrero, Argentina. El proyecto involucra a profesores que investigan sobre la reflexión en y sobre sus propias prácticas de enseñanza, mientras enseñan a estudiantes-enseñantes a investigar sus propias prácticas. Destaca la utilización de las narrativas, lo que favorece el proceso de sistematización y, por ende, el de reflexión. Los resultados de esta investigación destacan cómo los estudiantes-enseñantes en proceso de formación aprenden a investigar mientras están aprendiendo a enseñar. Además, se enfatiza en la necesidad de una reflexión constante en la acción y sobre la acción para construir un</p>

	<p>conocimiento crítico y transformar las prácticas de enseñanza.</p> <p>En síntesis, el artículo propone un enfoque reflexivo sobre la enseñanza, que busca transformar las prácticas docentes a través de la investigación-acción y la creación de un habitus reflexivo en los profesores y estudiantes-enseñantes.</p>
Hernández Sánchez et al. (2020)	<p>Este artículo presenta algunas perspectivas acerca del paradigma de la reflexión y el papel de la práctica reflexiva en la formación y desarrollo profesional del profesor. Además, se presentan dos propuestas, desde la Matemática Educativa, de cómo promover una práctica reflexiva en la formación de profesores de matemática. La primera mediante la problematización del saber (implica confrontar al profesor con el conocimiento matemático escolar, promoviendo la resignificación y la transformación de las prácticas) y la segunda a través del uso de mapas conceptuales híbridos (se utiliza un diagrama que combina mapas conceptuales y diagramas de flujo para analizar la actividad matemática en el aula, facilitando la reflexión y el aprendizaje del profesor). Los autores concluyen afirmando que la reflexión es crucial para el desarrollo de la autonomía y responsabilidad del profesor de matemática, permitiéndole cuestionar su conocimiento matemático y mejorar su práctica docente. Finalmente, destacan la necesidad de investigaciones enfocadas en la reflexión del profesor de matemáticas, con el objetivo de promover un desarrollo profesional docente basado en el conocimiento matemático escolar y la mejora de las prácticas de enseñanza.</p>
Seckel y Font (2020)	<p>El artículo presenta un estudio sobre el desarrollo de la competencia reflexiva en una formadora de futuros profesores de educación primaria con mención en matemática en Chile, a partir de entrevistas, observación de clase y documentos. Los resultados muestran que cuando entran en juego factores específicos de la disciplina, la reflexión requiere de sólidos conocimientos disciplinares (a la profesora bajo estudio no le fue fácil caracterizar la complejidad del contenido proporcionalidad). En la clase desarrollada por la profesora se recogen dos acciones relevantes para el desarrollo de la competencia reflexiva en los futuros</p>

	<p>profesores: conectar la formación teórica que se enseña al profesorado en su formación inicial con las prácticas que desarrollan en diversos centros escolares; el uso del portafolio reflexivo. Se observa también el potencial que tiene la estrategia de diseñar e implementar tareas en la formación de formadores del profesorado de matemáticas para que estos últimos tengan que diseñar y rediseñar secuencias de tareas para los estudiantes del sistema escolar. Concluye afirmando que, teniendo en cuenta que la competencia reflexiva del profesorado de matemática en formación inicial debe ser desarrollada y evaluada por sus formadores, este estudio aporta información relevante en un ámbito escasamente explorado: el desarrollo de la competencia reflexiva en formadores del profesorado.</p>
White (2020)	<p>En esta tesis se aborda el estudio de las prácticas reflexivas en la formación docente inicial, con el foco puesto en las residencias que se llevan a cabo en el Espacio de la Práctica Docente, instancia en la que el profesor en formación realiza sus prácticas de enseñanza en el contexto de una escuela. El estudio pretende indagar el uso del diario de formación en la construcción de la competencia reflexiva en la formación docente inicial, en las carreras de profesorado de un instituto de formación docente del conurbano bonaerense. En este marco, el trabajo se propone caracterizar los aspectos de la práctica docente sobre los que se reflexiona y analizar los niveles de profundidad de las reflexiones realizadas. Se entiende que la residencia brinda un espacio múltiple para el desarrollo de capacidades, en tanto ofrece al docente en formación la oportunidad de prepararse para la profesión, en una experiencia atravesada por aspectos personales, sociales, académicos, y políticos. La autora argumenta que el diario de formación, como dispositivo para el acompañamiento de la práctica docente, favorece el desarrollo de algunos aspectos de la formación, poniendo el foco en las dimensiones sobre las que se reflexiona y el alcance de la reflexión como revelador del proceso de deconstrucción, que permita superar el modelo reproductor y acrítico de transmisión de conocimientos.</p>

<p>Cancio y López López (2021)</p>	<p>Este trabajo presenta una experiencia desarrollada en el Profesorado Universitario de la Universidad de San Andrés, Buenos Aires, en la que se propone formar profesores bajo el paradigma del profesional reflexivo. Las autoras destacan que, a partir de las actividades desarrolladas durante la experiencia, se percibe que, cuando los estudiantes del profesorado revisan la formulación de sus consignas durante las prácticas simuladas, tienden al diseño de consignas que dan prevalencia al monitoreo de la lectura y la comprensión, con lo que se promueven aprendizajes superficiales. Además, solo en un porcentaje más bajo se observan consignas en las que el estudiante efectúa procesos para explicar causas, diferenciar información o desarrollar reflexiones. Finalmente, las autoras sostienen que el reflexionar sobre las prácticas áulicas, a partir de la propia experiencia, y contrastar las reflexiones con categorías teóricas y devoluciones de colegas, constituye una cuestión esencial para una formación docente inicial orientada al ejercicio profesional autónomo de los futuros profesores. Dicha actividad reflexiva no implica solo pensar en los estudiantes y en el acontecer cotidiano, sino que aparece como una de las alternativas que el docente tiene para enriquecer y orientar su planificación, para seleccionar estrategias de enseñanza adecuadas, para crear actividades pertinentes, vínculos socialmente significativos e involucrarse como verdadero agente de cambio.</p>
<p>Cutrera y García (2021)</p>	<p>El artículo aborda en primer lugar la problemática de la formación inicial de profesores y su impacto en el desarrollo profesional docente. Los autores reconocen que la reflexión crítica sobre la práctica es esencial para la enseñanza autónoma y profesional. Además, plantean que la formación inicial debe orientarse a desarrollar la capacidad reflexiva en los futuros docentes, permitiéndoles analizar sus propias experiencias, creencias y marcos teóricos referenciales. Posteriormente se describe el estudio realizado con una estudiante durante sus experiencias de aprendizaje en la materia Didáctica General y Especial, perteneciente al Profesorado en Química de UNMdP, centrado en identificar los cambios que la estudiante reconoce en su</p>

	<p>conocimiento profesional, a través de las diferentes actividades de formación. Se concluye que la formación inicial debe integrar la reflexión crítica como elemento fundamental para el desarrollo del conocimiento profesional docente. A su vez, se plantea que las actividades de formación basadas en la interacción entre teoría y práctica, como la elaboración de unidades didácticas, son relevantes para estimular la reflexión y el crecimiento profesional. Por último, mencionan la necesidad de realizar un seguimiento y una evaluación del desarrollo profesional durante la formación inicial para poder optimizar las estrategias formativas.</p>
<p>Gimenez et al. (2021)</p>	<p>En este artículo se presenta una investigación desarrollada con estudiantes de carreras de formación docente en Física, Química y Tecnología de la Universidad Nacional de San Juan (Argentina) en el contexto de la asignatura Psicología del Aprendizaje. El objetivo general fue identificar y explicitar las Representaciones Sociales (RS) de los futuros docentes, vinculadas con el aprendizaje y la enseñanza, y favorecer la discusión y reflexión sobre estas, promoviendo la práctica reflexiva como un procedimiento de formación. En los resultados advierten que los aspectos pedagógicos que aparecen en la RS del conocimiento científico están vinculados con la enseñanza y no con el aprendizaje, lo que reafirmaría ideas tradicionales de la enseñanza y el aprendizaje. A modo de conclusión, los resultados muestran la necesidad de continuar trabajando con los estudiantes, a fin de lograr la incorporación sistemática de la práctica reflexiva desde la formación docente inicial, profundizando la reflexión consciente, intencional y metódica para pensar en su futura práctica y en maneras de intervenir desde una postura crítica en su proceso de formación y profesionalización.</p>
<p>Huamán Cacha, M. (2021).</p>	<p>La presente tesis, cuyo objetivo general es describir las tendencias en los estudios empíricos sobre la práctica reflexiva en la formación inicial docente en Iberoamérica, analizó las contribuciones de la práctica reflexiva en la formación inicial docente. Los resultados de esta investigación evidencian que existe una tendencia por conceptualizar la práctica reflexiva hacia un examen crítico y</p>

	<p>continuo de la acción desempeñada. La autora menciona que la experiencia de los futuros docentes respecto a la práctica reflexiva se ha venido desarrollando a través de estrategias que movilizan la reflexión a nivel individual y colectivo. A nivel individual, mediante la escritura de relatos, diarios, reflexiones escritas y portafolios se propicia un espacio de reflexión personal a través de la redacción; a nivel colectivo, a partir del seminario de práctica, la práctica colegiada y la triada formativa, que constituyen estrategias de reflexión colectiva, donde a través del diálogo, e interacción con los demás, se comparte la experiencia propia, se reflexiona y construye conocimiento en conjunto. Finalmente, sostiene que aplicar estas estrategias contribuye a que los docentes en formación sean conscientes de sus dificultades, planteen soluciones y sepan cómo intervenir.</p>
<p>Bonilla Solano y Escolá (2023)</p>	<p>Este trabajo presenta el avance de una investigación que tiene como objetivo caracterizar la práctica del profesor de matemáticas en formación inicial, cuando se lo involucra en un proceso de reflexión mediado por el uso de recursos. Se estudian tres momentos en la práctica del futuro profesor: la experimentación con recursos destinados a la enseñanza de la función exponencial y logaritmo; la planificación de la clase; la puesta en marcha de las prácticas escolares. Por último, la confrontación sobre su práctica, es decir, la etapa de reflexión. Los autores sostienen que con los resultados de esta investigación pretenden aportar elementos a los formadores de profesores de matemáticas para propiciar una formación inicial orientada a la reflexión y al uso de recursos educativos que mejoren el tránsito entre la práctica docente como asignatura y la práctica docente como profesionales. Argumentan que los formadores tienen que ofrecer un método para la reflexión que, junto con un marco de referencia específico de la disciplina, sirva para entender, organizar y analizar la información sobre lo que se reflexiona, y en este sentido la reflexión debe estar dirigida a aspectos relevantes que incidan en la práctica de los profesores.</p>

Tabla A1. Resumen de los artículos revisados para el constructo teórico Prácticas Reflexivas.

Fuente: elaboración propia.

Autor/es (año)	Propuesta y principales resultados
Modelos	
Soto Alvarado (2019)	<p>Esta tesis doctoral analiza la influencia de una secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) modelizadora en la evolución de los modelos energéticos de futuros profesores de física y matemática. Se pretende que estos logren configurar un modelo energético, resaltando el rol de la cognición, así como también construir explicaciones para dar significado a los fenómenos a través de la práctica de modelización. Esta tesis concluye que, aunque los futuros profesores construyen un modelo energético cercano al modelo científico escolar deseado, al finalizar el programa declaran que enseñarían aspectos menos sofisticados de la energía en sus futuras clases. Se menciona que las actividades que más contribuyen a la evolución de los modelos son aquellas asociadas a las fases de expresar el modelo y evaluar / poner a prueba el modelo del ciclo de modelización, coincidiendo con las actividades que los futuros profesores consideran relevantes para su aprendizaje. Finalmente, se sostiene la idea de que es fundamental que los futuros profesores participen en actividades científicas como la modelización para construir sus propios modelos de energía y comprender la naturaleza de la ciencia y que la formación inicial docente debe abordar explícitamente los conocimientos didácticos del contenido, más allá del simple dominio del conocimiento científico.</p>
Ariza et al. (2020)	<p>En este trabajo se presenta una actividad dirigida a estudiantes de secundaria superior para ilustrar la idea de comparabilidad empírica (la posibilidad de comparar teorías a través de sus conceptos no-teóricos). Para el diseño de la actividad se realizó una transposición</p>

	<p>del modelo de cambio científico interteórico como un modo interesante de ver una enseñanza de basamento modeloteórico estructuralista. Se sostiene que, aunque los científicos no se sitúan en el mismo contexto de construcción de conocimientos que el de los estudiantes, ni viceversa, en las aulas podrían estar funcionando el mismo tipo de operaciones de comunicación científica. Se concluye que la enseñanza de la ciencia en la escuela y la construcción de conocimiento científico en la ciencia erudita, a pesar de sus diferencias, comparten algunos procesos y se propone que la "comparabilidad empírica" puede servir como puente entre ambos campos. Para lograr esto se debe tener en cuenta el conocimiento previo del estudiante, utilizar un vocabulario común para conectar con las experiencias de los estudiantes y utilizar analogías para conectar lenguajes cotidianos con los lenguajes característicos de los modelos científicos. Se sugiere que este enfoque, basado en la "comparabilidad empírica" y el estructuralismo metateórico, puede contribuir a una "didáctica de las ciencias modeloteórica" más rica y valiosa.</p>
<p>Perinez et al. (2020)</p>	<p>Este trabajo de tesis busca construir conocimiento que permita mejorar las propuestas didácticas orientadas a fomentar el aprendizaje de las ciencias naturales, específicamente en el área de la química, para el tema modelos atómicos. Se pretende comenzar a generar cambios en el aprendizaje del concepto modelo atómico en alumnos de tercer año de la educación secundaria a partir de la implementación de una secuencia didáctica con abordaje multimodal. En el artículo se reconocen las dificultades que enfrentan los estudiantes al comprender conceptos químicos, especialmente en relación con la interpretación macroscópica y microscópica de los fenómenos y se destaca el rol crucial de la multimodalidad en la enseñanza de la química, utilizando imágenes, simulaciones, lecturas y representaciones gráficas para</p>

	<p>facilitar la comprensión de los modelos atómicos. Finalmente, este proyecto busca abrir nuevas investigaciones en didáctica de las ciencias con abordajes multimodales para el aprendizaje de modelos científicos.</p>
Acevedo et al. (2021)	<p>En este artículo se comparten las reflexiones producidas por un equipo de investigación didáctica sobre el trabajo que realizan los alumnos al producir representaciones no textuales para aprender Ciencias Naturales. Durante la investigación se implementó una secuencia didáctica, diseñada para enseñar la constitución de la materia, en un aula de una escuela pública primaria de la Ciudad de Buenos Aires. Los resultados del estudio muestran una clara evolución en la comprensión de los estudiantes: inicialmente se enfocaban en la apariencia y las propiedades observables de los materiales, manteniendo una visión continua de la materia; al enfrentarse a la tarea de representar lo que "no se ve", empezaron a visualizar las partículas invisibles que componen la materia, y a diferenciar entre lo que se observa a nivel macroscópico y la interpretación submicroscópica. De este modo, al transitar una experiencia de modelización, los estudiantes se fueron acercando a los modelos que propone la ciencia. Los autores concluyen que los análisis acerca de las condiciones que intervienen en el avance de este tipo de experiencias siguen siendo incipientes en la Didáctica de las Ciencias y que es necesario seguir indagando, en tanto constituyen herramientas muy valiosas para interpretar e intervenir en los procesos de conocimiento que tienen lugar en la escuela.</p>
Moreno Arcuri et al. (2021)	<p>El presente trabajo tiene la finalidad de aportar a la Didáctica de las Ciencias una forma de abordar fenómenos como el de obesidad desde la perspectiva de construcción de modelos. A su vez, busca identificar criterios de diseño para secuencias didácticas basadas en modelos como el Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA). Se expone</p>

	<p>como desafío para los docentes el abordaje de fenómenos a partir de secuencias didácticas, lo que implicará hacer un análisis en términos de modelos y subordinar los conceptos a la explicación del fenómeno. Se concluye que al hacer confluir tres fuentes informativas (curricular, científica y las ideas previas de los estudiantes) en términos de modelos, se facilita la comparación y análisis de las entidades involucradas en la explicación de un fenómeno con interés educativo como lo es la obesidad. Finalmente, sostienen que el MCEA ofrece una alternativa valiosa para la enseñanza de temas sociocientíficos complejos y permite a los docentes abordar estos temas de manera más significativa para los estudiantes.</p>
<p>Olavegogeoascoechea, M. y Orlandini, L. (2021)</p>	<p>Este trabajo da a conocer una experiencia realizada en la Universidad Nacional del Comahue, en el marco de la asignatura Didáctica de las Ciencias Naturales de los Profesorados de Física y Química. Dicho espacio presenta a los estudiantes estrategias metodológicas que constituyan anclajes para enseñar y reflexionar sobre aspectos relacionados con la construcción de modelos en ciencias naturales. Particularmente para la unidad didáctica presentada en este artículo, se seleccionó el concepto de Presión Atmosférica, en el marco de las ideas epistemológicas e históricas vinculadas con los modos en que se construyó ese conocimiento, y se consideró como esencial la incorporación de aspectos de la naturaleza de la ciencia de manera integrada al campo disciplinar en la formación docente. Durante el desarrollo de la experiencia se exploraron modelos explicativos a través de una actividad científica escolar y se realizaron preguntas de metacognición y regulación del aprendizaje. En el análisis de los resultados se menciona que los participantes mostraron dificultades para diferenciar la descripción de un fenómeno de su explicación, tendiendo a cargar sus descripciones de conceptos teóricos. Como conclusión de</p>

	<p>cierre, se destaca la manera en que los participantes señalan la importancia del contexto al que va dirigida la propuesta didáctica, el trabajo de transposición didáctica que debe realizar el docente, la importancia del saber disciplinar para poder realizarla, así como también la importancia de los modelos utilizados para explicar algunos fenómenos.</p>
<p>Adúriz-Bravo (2022)</p>	<p>En este trabajo se exponen los fundamentos didácticos, planteados por la línea de innovación didáctica llamada "naturaleza de la ciencia" y se pone énfasis en diseñar actividades para estudiantes del nivel superior (universitario o no) que se están formando como profesoras y profesores de ciencias naturales. Sin embargo, para simplificar y homogeneizar la presentación y ampliar el espectro de posibles lectores, las actividades se relatan en su versión para la escuela secundaria con el propósito de enseñar al estudiantado a pensar críticamente sobre la actividad científica y sus productos. En síntesis, el artículo propone una alternativa a la enseñanza de la naturaleza de la ciencia basada en tenets, lo que consiste en presentar explícitamente al estudiantado enunciados sencillos que encapsulen algún aspecto central de la ciencia. Se destaca la importancia de seleccionar ideas epistemológicas que sean esenciales para entender los modelos de referencia y que puedan ser usadas de manera activa para analizar casos específicos. Por último, se espera que este enfoque contribuya a la formación de ciudadanos capaces de "hacer algo" con la ciencia que se aprende ya a partir de la escolaridad obligatoria.</p>
<p>Ariza (2022)</p>	<p>En este trabajo se aborda una temática central en la enseñanza de la química: el sistema periódico desde la perspectiva de los análisis semanticistas sobre el concepto de "modelo teórico". Propone que el anclaje a temáticas estructurantes de la química mediante una fundamentación metateórica actual, como la brindada por la concepción</p>

	<p>semántica de las teorías, podría introducir, en la enseñanza de la química y la formación de profesores de química, reflexiones metateóricas actuales, renovadas y potentes para comprender la naturaleza de la química (como actividad) y de sus teorías. Concluye mencionando que este tipo de abordajes buscan responder a demandas actuales de la investigación en didáctica de las ciencias asociadas a la fundamentación filosófica contemporánea de la ciencia que se enseña, así como a la importancia de una educación científica de calidad para todos y todas epistemológicamente orientada desde los modelos y la modelización.</p>
<p>Mancini et al. (2023)</p>	<p>Este trabajo presenta una propuesta didáctica consistente en una planificación para la práctica docente de residencia en un curso de tercer año de Nivel Medio, considerando a los modelos desde la perspectiva modelo-teórica y a la modelización como práctica científica. La propuesta consistió en el desarrollo de una unidad didáctica bajo un enfoque sistémico, donde se propusieron actividades tendientes al desarrollo de modelos científicos escolares con distintos niveles de progresión y en distintos formatos. En la evaluación de la experiencia destaca que estos modos de trabajo son novedosos para los estudiantes y se leen como actividades altamente desafiantes. Por otro lado, destaca que las representaciones suelen estar al servicio de "imágenes eruditas" encontradas en fuentes bibliográficas, pero con adaptaciones propias y elementos lúdicos. Asimismo, se infiere que este trabajo con maquetas contribuyó a que los estudiantes comprueben dimensiones teóricas. En síntesis, plantea que, puesto que el uso de modelos científicos escolares en las secuencias didácticas y las prácticas en el aula, implican una labor mayor a la prevista, por lo que este tipo de propuestas didácticas deberían extenderse en el tiempo para que realmente tome fuerza su carácter de recursividad, y promueva procesos</p>

	pragmáticos y epistémicos.
Orozco Marbello et al. (2023)	Este trabajo analiza los enfoques epistemológicos recurrentes identificados en proposiciones sobre los modelos científicos. Para ello, los autores se centraron en el contenido semántico de las unidades de análisis (proposiciones con alta carga teórica), a partir de la lectura de publicaciones de orden nacional e internacional en revistas especializadas de la didáctica de las ciencias de los últimos 10 años. Se agruparon y clasificaron las proposiciones en categorías y subcategorías que se suscriben en posturas tradicionales y contemporáneas sobre modelos científicos, encontrando que la mayoría de ellas están adheridas a perspectivas contemporáneas de corte semanticista. Concluyen que el término modelo científico tiene diversas interpretaciones, siendo mayoritariamente entendidos como representaciones, por lo cual operan en reemplazo de los fenómenos o hechos que estudian. Finalmente, hablan de la necesidad de seguir investigando en el desarrollo de propuestas didácticas que potencien el uso de modelos para resolver problemas actuales, desde una perspectiva teórica y metodológica.
Modelización	
Díaz Guevara et al. (2019)	En este trabajo se presentan algunas reflexiones metacientíficas en torno a la construcción de modelos durante la formación inicial del profesorado. Inicialmente, se realizó una revisión teórica sobre las nociones de modelo y modelización científica buscando recopilar algunas investigaciones anteriores del ámbito iberoamericano. Posteriormente, se analizaron los resultados de una innovación didáctica, que consistió en pensar con modelos, leer, escribir y hablar con los lenguajes específicos de la ciencia y reflexionar metateóricamente sobre la química como actividad, realizada con estudiantes de un programa de Licenciatura en Química en Colombia. En los resultados se destaca que la mejora de algunas de las pruebas

	<p>realizadas por los profesores en formación, luego de la intervención, deja entrever que existió un cambio en sus modelos abstractos. Esto se produjo cuando ellos consiguieron establecer relaciones más sustantivas entre hablar, leer y escribir en química, operaciones necesarias para expresar un modelo construido a partir del input del modelo teórico erudito trabajado en las clases. Se concluye planteando que los resultados obtenidos dan apoyo a una tesis muy extendida en la actual didáctica de las ciencias experimentales: que la formación inicial de profesores de química debería incluir un fuerte componente metacientífico que acompañe la construcción y reconstrucción de los modelos abstractos.</p>
<p>Merino et al. (2019)</p>	<p>Este estudio, desarrollado en Chile con un grupo de profesores de ciencias que ha trabajado en el diseño, implementación y evaluación de secuencias de enseñanza orientadas a la modelización, se detiene en el análisis de las explicaciones de estudiantes de secundaria sobre fenómenos eléctricos, con el propósito de caracterizar la evolución de sus modelos expresados durante una secuencia didáctica basada en fenómenos de electrización. Los resultados muestran que la descomposición del modelo eléctrico ha permitido evidenciar que los estudiantes construyen modelos limitados por los procesos observados, y tienen dificultades para transitar al nivel microscópico, lo que puede contribuir a orientar la selección de fenómenos por parte de los profesores para lograr procesos de modelización más efectivos. En ese sentido, es necesario continuar analizando la evolución del modelo eléctrico expresado por los estudiantes, en estudios a mayor escala, para ir refinando y fortaleciendo este resultado, que se considera por ahora promisorio. De esta manera, seguir explorando para consolidar una propuesta que contribuya a los procesos de aprendizaje de los estudiantes, a la gestión del profesor en los procesos de modelización y a la</p>

	<p>formación inicial y continua de profesores para el desarrollo del modelo eléctrico en el contexto escolar, dada su relevancia en la sociedad actual.</p>
Villarreal (2019)	<p>En este artículo se describe un escenario de modelización, implementado en un curso de Didáctica de la Matemática. En la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina) para que futuros profesores de matemática desarrollen diversas actividades de modelización, en particular, para que lleven adelante proyectos de modelización abierta, con tema de libre elección. El análisis de los resultados reveló que la libre elección de un tema fue un obstáculo importante para los estudiantes, pero también fue posible constatar que la creación de escenarios de modelización en el curso habilitó espacios de reflexión en torno al rol docente en tales escenarios. La experiencia vivida por los estudiantes permitió que, en algunos casos, pudieran visualizar que la modelización podría ser una propuesta pedagógica en su futuro como profesores, mientras que en otros podía observarse que los estudiantes no se involucraban en sus proyectos de modelización. La autora reconoce que el tipo de actividad de modelización propuesto quizás significa un salto en relación con las actividades matemáticas a las que los estudiantes están habituados. Tal vez sea necesario desarrollar previamente pequeños proyectos, más acotados y sencillos, que aborden las distintas fases de un proceso de modelización de manera más gradual y que preparen el camino para luego poder abordar proyectos de modelización completos.</p>
Lozano et al. (2020)	<p>En este trabajo se presentan los resultados de un proceso de modelización de la membrana celular a partir del análisis de un hecho científico, durante la formación inicial de un profesorado universitario de biología. En los resultados, los autores caracterizan los modelos de partida de los estudiantes, el proceso de modelización intermedia y los modelos de arribo, orientados a los aspectos de fluidez y</p>

	<p>autoensamblaje de las moléculas que componen la membrana. En el análisis de estas producciones infieren que los modelos iniciales que construyeron para la situación propuesta se fueron reelaborando y complejizando, y dan cuenta de una reconstrucción teórica del fenómeno, anclándolo en el modelo científico de referencia. Además, afirman que, con la modelización, se avanzó significativamente en la reconsideración teórica del fenómeno, en su construcción como hecho científico escolar y también en el desarrollo de la retórica que implicó interacciones dialógicas significativas y la comunicación de las ideas reformuladas. Finalmente, los autores sostienen que es necesario avanzar en investigaciones desde la perspectiva de modelos y modelización que integren el campo de la formación disciplinar y metacientífica e impliquen el diseño de nuevas unidades didácticas, permitiendo a los estudiantes ampliar el campo de experiencias para pensar teóricamente diferentes fenómenos del mundo y, simultáneamente, a la propia ciencia.</p>
<p>Olivero et al. (2020)</p>	<p>En este trabajo se aborda el problema de la introducción de la modelización en la formación de profesores de matemática. En particular, se analiza un espacio curricular creado en el nuevo plan de estudios del profesorado universitario en matemática de la Universidad Nacional del Comahue, Argentina, con el principal objetivo de vivenciar un proceso de estudio basado en un dispositivo didáctico multidisciplinar como parte constitutiva de la formación matemática en la carrera de profesorado universitario en matemática. Los resultados fueron analizados a partir de la evaluación realizada por los estudiantes en la que debían destacar aquellos aspectos que consideraran destacables durante el desarrollo del taller y también se incluyeron las opiniones de los docentes. Se verificó que mucho de lo realizado durante las sesiones de trabajo no se plasmaba</p>

	<p>en los informes que los estudiantes entregaban. Solo mencionaban las técnicas o respuestas correctas y no explicitaban los caminos que conducían a ellas, o las técnicas que no estaban institucionalmente aceptadas, pero que, sin embargo, los docentes habían observado que usaban. Finalmente, los autores plantean la necesidad de realizar un recorrido más amplio a lo largo de la carrera que propicie el diseño y gestión de procesos de modelización matemática a los estudiantes de profesorado, como futuros docentes.</p>
<p>Villarreal y Mina (2020)</p>	<p>Este artículo analiza el desarrollo de actividades experimentales realizadas por grupos de estudiantes de segundo año, de una escuela secundaria en la ciudad de Córdoba, en el marco de proyectos de modelización abiertos, acompañados por el libre uso de tecnologías. Los resultados de la investigación muestran cómo los estudiantes, participando de pequeñas comunidades locales de práctica, fueron capaces de recorrer un proceso de modelización completo: seleccionaron un tema, formularon y reformularon problemas, reconocieron variables pertinentes al problema, establecieron relaciones entre las mismas, levantaron hipótesis, diseñaron e implementaron experimentos, recolectaron datos, verificaron o refutaron hipótesis, construyeron modelos que representaron en tablas y gráficos cartesianos. Tales representaciones fueron los objetos que estos estudiantes reconocieron como modelos matemáticos y fue lo que las practicantes y docente del curso acordaron como apropiado para ellos, al trabajar con el proceso de modelización como objeto de enseñanza. Finalmente, las autoras mencionan que este estudio se realizó en el marco de las primeras prácticas docentes llevadas adelante por dos futuras profesoras de matemática y que, si bien las practicantes y sus acciones no estuvieron en el foco del artículo, se destaca que la posibilidad de desarrollar estas prácticas supervisadas con</p>

	<p>modelización y tecnologías contribuye a que estas dos tendencias se instalen en el horizonte de su futura actividad docente.</p>
<p>Garrido Espeja et al. (2022)</p>	<p>En este artículo se dan a conocer las percepciones de futuros docentes de primaria (de Cataluña) y de la secundaria (de Chile), sobre la modelización como enfoque didáctico para la enseñanza de las ciencias, identificando las tensiones didácticas que emergen entre sus preferencias metodológicas y la formación modelizadora vivida. En los resultados, se advierte un contraste entre el valor dado a la modelización como enfoque metodológico efectivo para construir conocimiento científico (Modelo Científico Escolar) y las dificultades reconocidas al experimentar situaciones de modelización. Por un lado los participantes hacen referencia a la alta demanda cognitiva requerida y por el otro, a la falta de tiempo para integrar ideas, lo que impactaría en las posibilidades reales de llevar la modelización al aula como docentes. Para superar estas tensiones, los autores sostienen que las formaciones iniciales deberían brindar a los futuros docentes más oportunidades de experimentar en primera persona propuestas de modelización de diferentes modelos científicos escolares, posibilitando que aprecien que, a pesar de la aparente gran cantidad de conocimiento científico que hay que enseñar y aprender, en realidad este se puede reducir a través de una transposición didáctica a unas pocas ideas clave que se van construyendo a lo largo de toda la escolaridad.</p>
<p>Furci y Adúriz-Bravo (2023)</p>	<p>Este 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, en el área de ciencias y</p>

	<p>tecnología, que asistieron a un curso de perfeccionamiento docente en la Universidad Pedagógica Nacional de 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, lo que permitió identificar distintas concepciones sobre modelos y modelización y numerosos ejemplos de uso habitual de modelos de distintas ramas de la física y de otras ciencias naturales. En síntesis, este 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.</p>
<p>Soto Alvarado y Couso Lagarón (2023)</p>	<p>En este trabajo se analiza el nivel de sofisticación y tipo de modelo de energía que construyen futuros docentes de física chilenos a través de una breve secuencia didáctica modelizadora sobre energía. Se delimitan las ideas claves del modelo científico escolar que se trabaja en dicha secuencia y se muestra cómo se han movilizado los modelos de energía de los futuros docentes de física al vivenciarla. En los resultados se destaca que una secuencia didáctica intencionadamente diseñada, contribuye a lograr la sofisticación de los modelos de energía de los futuros docentes y la construcción de un modelo equilibrado de energía. Sin embargo, pese a que a lo largo de la propuesta se incluían diversidad de contextos, una variedad de oportunidades de aprendizaje relacionadas con la modelización, y demandas cognitivas similares para cada idea, estas no fueron condiciones suficientes para desarrollar un modelo equilibrado y suficientemente sofisticado de energía. Las autoras concluyen que es necesario promover espacios de colaboración con la ayuda</p>

	<p>de los expertos (formadores de profesores) donde se puedan discutir las propias propuestas didácticas de los futuros docentes, refinar otros diseños didácticos y aportar nuevas ideas en discusiones productivas, para que estos vayan desarrollando a lo largo de su formación su conocimiento pedagógico del contenido.</p>
<p>Umpiérrez-Oroño et al. (2023)</p>	<p>En este trabajo se analiza el desarrollo de competencias científicas en estudiantes del profesorado de ciencias biológicas en Uruguay, durante la construcción de modelos explicativos como respuestas a estímulos, en situaciones biofísicas ficticias. Las producciones de los estudiantes fueron el resultado de un dispositivo didáctico (segmentos de una película de ciencia ficción) propuesto como disparador de actividades cognitivas tales como la imaginación y la creatividad, ingredientes fundamentales del quehacer científico. De esta forma se promovió, además, la aplicación de los conocimientos frente a fenómenos novedosos, otro de los componentes fundamentales cuando se desea formar al estudiante en la utilización de sus habilidades y saberes en situaciones imprevistas. Para identificar las competencias en desarrollo, se aplicó un repertorio de competencias científicas pretestado y validado. Los resultados muestran que, cuando los estudiantes de profesorado hacen ciencia al construir modelos explicativos de procesos científicos, el mayor número de las competencias involucradas fueron la Metodológica (Aplicar), la Teórica (Conocer) y la de Aplicación socio comunitaria (Transferir). En cuanto a la modelización, constituye una instancia de aprendizaje rica en cuanto a la multiplicidad de competencias científicas que habilita. Finalmente se plantea que la dimensión-base en el hacer ciencia en el aula es la dimensión teórica la que constituye el sostén de las dimensiones metodológica, de transferencia y axiológica.</p>

Tabla A2. Resumen de los artículos revisados para el constructo teórico Modelos y Modelización. Fuente: elaboración propia.

Anexo 2

Preguntas Diario de clase

1. ¿Qué es un modelo? Describí brevemente un ejemplo de modelo.
2. ¿Utilizarías modelos para tus clases? ¿De qué manera los incluirías en la planificación que se te solicitó? ¿Por qué?
3. ¿Qué modelos científicos conocés?
4. Mencioná algún modelo matemático que conozcas y hayas utilizado en la escuela. ¿Te lo presentaron como un modelo? ¿O simplemente trabajaste con él sin saberlo explícitamente?
5. ¿Cuál es el modelo que estás trabajando en tu diseño de clase y con qué objetivo? ¿Qué tipo de fenómeno/problema estás abordando con ese modelo que estás utilizando? Justificar.
6. ¿Considerás que la utilización de modelos y la actividad de modelización es relevante en la enseñanza de la matemática? Justificar.
7. Volvé a las preguntas iniciales (1 y 2). ¿cambiarías las respuestas? ¿Por qué?
8. En función de lo visto en estas clases, ¿deberías realizar alguna modificación a tu diseño de clase para utilizar explícitamente los modelos científicos y llevar a cabo el proceso de modelización matemática?
9. Describí en no más de 300 palabras los aprendizajes logrados.

Cuestionario de preguntas abiertas Fase 2 (pre-simulacro)

Indicá con una cruz la idea que consideres que representa mejor tus secuencias didácticas. Justificá detalladamente tu elección.

Secuencia didáctica 1 (previa al simulacro)	Secuencia didáctica 2 (simulacro)	Modelos matemáticos
		Representación de una entidad vista como un objeto acabado absoluto, que representa la realidad. Se mantiene estable en el tiempo.
		Representación parcial de una entidad que guarda analogía con los fenómenos que representa. Son distintos de (y más simples que) la realidad, porque responden a un sentido: para qué se propusieron, de dónde vienen y adónde van.

Secuencia didáctica 1 (previa al simulacro)	Secuencia didáctica 2 (simulacro)	El estudiante
		Página en blanco. Receptor del conocimiento científico. Parte de una audiencia.
		Poseedor de una estructura cognitiva que lleva a cabo el proceso de aprendizaje construyendo a partir de saberes previos y con el intercambio con el docente.
		Construye conocimiento desde el desarrollo de procesos investigativos con el docente como guía.

Secuencia didáctica 1 (previa al simulacro)	Secuencia didáctica 2 (simulacro)	El docente
		Portavoz de la ciencia.
		Entrenador, modelo, artesano.
		Guía, asesor, consultor.

Cuestionario de preguntas abiertas Fase 2 (post-simulacro)

1. ¿Qué materiales o dispositivos utilizados tanto en didáctica o en prácticas (textos, trabajos prácticos, clases, etc.) te sirvieron para preparar el **simulacro**? ¿Y para implementarlo?
2. ¿Considerás que a partir de la elaboración de las actividades para el **simulacro** se modificó (amplió o resignificó) algún conocimiento tuyo? ¿Cuál?
3. A partir de tu percepción sobre la concreción del **simulacro** y los comentarios que recibiste, ¿modificarías algo de tu secuencia de actividades? Explicar y presentar la modificación realizada. Anexar a la propuesta las actividades que se les dará a los estudiantes de manera impresa.
4. ¿Hubo alguna situación que se dio durante el **simulacro** que te dejó alguna reflexión respecto de la transposición didáctica, promoción del aprendizaje, la gestión de aula, la motivación? ¿Se te presentó alguna dificultad? ¿Descubriste alguna fortaleza? Detallar.
5. Una vez finalizado el **simulacro**, a partir de los resultados obtenidos, ¿reflexionaste sobre algún aspecto o situación en particular? ¿te dejó algún aprendizaje? ¿Hay algo que deberías modificar en vos para promover aprendizajes más significativos?

Cuestionario de preguntas abiertas Fase 2 (post-intervención)

1. Enumerar aquellos materiales o dispositivos utilizados tanto en didáctica y/o en práctica (textos, tp, clases, recomendaciones de compañeros en foros, etc.) que te sirvieron para preparar la **intervención**.
2. ¿Considerás que a partir de la elaboración de las tareas para la **intervención** se modificó (amplió o resignificó) algún conocimiento tuyo? ¿Cuál?
3. A partir de tu percepción sobre la concreción de la **intervención** y los comentarios que recibiste, ¿modificarías algo de lo realizado? Explicar.
4. ¿Hubo alguna situación que se dio durante la **intervención** que te dejó alguna reflexión respecto de la transposición didáctica, promoción del aprendizaje, la gestión de aula, la motivación? ¿Se te presentó alguna dificultad? ¿Descubriste alguna fortaleza? Detallar.
5. ¿Una vez finalizada la **intervención**, a partir de los resultados obtenidos, reflexionaste sobre algún aspecto o situación en particular? ¿Te dejó algún aprendizaje? ¿Hay algo que deberías modificar/cambiar/ampliar en vos con relación a tus concepciones o conocimientos? Detallar.