



UNA HERRAMIENTA PARA VALORAR LA CONSTRUCCIÓN DEL CDC: ANÁLISIS DE LA COHERENCIA Y EVOLUCIÓN MEDIANTE HIPÓTESIS DE PROGRESIÓN Y DIAGRAMAS DE PENTÁGONO

A TOOL FOR ASSESSING THE CONSTRUCTION OF PCK: ANALYSIS OF COHERENCE AND EVOLUTION THROUGH PROGRESSION HYPOTHESES AND PENTAGON DIAGRAMS

Gabriela Rusnok (*)

Universidad Nacional de Mar del Plata

Sofía Sol Martín

Universidad Nacional de Mar del Plata

Argentina

Resumen

Este estudio analizó la construcción, evolución y coherencia del Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) en docentes en formación de biología, mediante hipótesis de progresión (HP) y diagramas de pentágono (DP) como herramientas metodológicas. Bajo un enfoque cualitativo e interpretativo, se desarrolló un estudio de caso múltiple con cinco estudiantes de Didáctica de la Biología; aquí se profundiza en un caso representativo para ilustrar las potencialidades de las herramientas. Se analizaron secuencias didácticas iniciales y finales y entrevistas, empleando HP para establecer niveles de complejidad y DP para representar visualmente los componentes del CDC. Las herramientas permitieron objetivar la evolución no lineal del saber docente y evidenciar tensiones entre componentes, revelando perfiles fragmentados en transición. La articulación de HP y DP constituye una aproximación potente para valorar la coherencia del CDC —similitud de niveles de progresión entre componentes— e identificar áreas críticas para la reflexión pedagógica situada.

Palabras clave: Formación docente; Enseñanza de la ciencia; Biología; Planificación; Evaluación.

Abstract

(*) Autor para correspondencia:

Gabriela Rusnok

Universidad Nacional de Mar del Plata
Déan Funes 3350, CPA 7600. Mar del Plata,
Argentina.

Correo de contacto:

gabriela_rusnok@yahoo.com.ar

©2010, Perspectiva Educacional

[Http://www.perspectivaeducacional.cl](http://www.perspectivaeducacional.cl)

RECIBIDO: 01.04.2026

ACEPTADO: 24.07.2026

DOI: 10.4151/07189729-Vol.65-Iss.2-Art.1961

Over recent decades, Pedagogical Content Knowledge (PCK) has become consolidated as a central category for understanding the teaching of scientific disciplines, and has been reconceptualised as dynamic, situated and emergent knowledge in which a personal dimension is distinguished from an enacted one. Nevertheless, there is still difficulty of having analytical tools that make it possible to address, in an integrated manner, both its evolution and its internal coherence in the contexts of teacher education. In response to this gap, the present study analysed the construction, evolution and coherence of PCK in pre-service biology teachers by means of Progression Hypotheses (PH) and Pentagon Diagrams (PD) as methodological tools. Adopting a qualitative and interpretative approach, a multiple-case study was conducted with five pre-service teachers enrolled in the Biology Didactics course at a national university in Argentina, who designed teaching sequences addressed to the first years of secondary education; here, one representative case is explored in depth in order to illustrate the potential of the tools. Initial and final teaching sequences, together with semi-structured interviews conducted after each of them, were analysed, providing access, respectively, to the knowledge mobilised during planning and the pedagogical justifications underpinning it; initial and final PCK were established by triangulating both sources. By means of a content analysis of both deductive and inductive type, five components were consolidated —purposes of teaching, selection and organisation of content, knowledge of students' prior ideas, instructional strategies, and assessment—, using PH to establish levels of increasing complexity, ranging from an academicist and transmissive perspective to one oriented towards scientific and civic literacy, and PD to visually represent the components of PCK, whose vertices are coloured according to the level attained. In the case analysed, the participant moved from an initial profile at level A in four components —only instructional strategies exceeded it— towards a final profile that reached the reference level in purposes of teaching and a level close to the reference one in the selection of content, prior ideas and strategies, whereas assessment barely

exceeded the initial level. The final diagram revealed a substantial yet asynchronous reconfiguration: the incorporation of history and nature of science, socio-scientific topics and the use of simulators coexisted with reproductive assessment tasks centred on the identification of organelles. The tools thus made it possible to objectify the non-linear evolution of teacher knowledge and to reveal tensions between components, exposing fragmented profiles in transition, and to interpret assessment as a conservative core anchored in prior schooling biography. It is concluded that the articulation of PH and PD constitutes a powerful approach for assessing the coherence of PCK —similarity of progression levels across components— and identifying critical areas for situated pedagogical reflection. Its scope must nevertheless be delimited: level correspondence is a necessary but not sufficient condition for affirming relational integration between components. The diagrams hold potential as a self-regulation device that enables pre-service teachers to identify fragmentation in their own planning and to move towards a more coherent pedagogical matrix.

Keywords: Teacher Education; Science Education; Biology; Teaching Practice; Evaluation.

1. Introducción

En las últimas décadas, el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) se ha consolidado como una categoría central para comprender la enseñanza de las disciplinas científicas. Sin embargo, su conceptualización ha atravesado transformaciones significativas, pasando de enfoques estructurales a perspectivas que lo reconocen como un conocimiento dinámico, situado y emergente (Carlson et al., 2019; Gess-Newsome, 2015).

El Modelo de Consenso Refinado (MCR) ha impulsado una reconceptualización del CDC, alejándose de la visión de componentes aislados para entenderlo como una configuración dinámica que emerge de la interacción entre diversos dominios de conocimiento y su puesta en práctica. Según Carlson et al. (2019), el CDC no se reduce a un saber estático del docente, sino que constituye una construcción que se gesta en la acción y en respuesta a contextos de enseñanza específicos. Dentro de este marco, se establece una distinción analítica fundamental entre el CDC Personal (pPCK) y el CDC en Acción o Promulgado (ePCK). El pPCK abarca el conjunto individual de conocimientos, habilidades, creencias y razonamientos que el docente posee de manera interna; metodológicamente, se accede a esta dimensión a través de herramientas como las entrevistas semiestructuradas, que permiten profundizar en las justificaciones pedagógicas que subyacen a las decisiones de enseñanza. Por su parte, el ePCK representa el conocimiento movilizado durante la planificación o ejecución de la enseñanza en un contexto particular. En la formación inicial, el análisis de secuencias didácticas actúa como una aproximación fundamental al CDC en acción, ya que la planificación de la enseñanza se ha consolidado como un instrumento clave para el análisis de la configuración del CDC (Gamboa Graus & Borrero Springer, 2024).

Ahora bien, en el campo específico de la enseñanza de la biología, resulta necesario precisar una categoría más acotada: el Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico (CDCB). Mientras que el CDC constituye una categoría general aplicable a la enseñanza de cualquier disciplina, el CDCB refiere específicamente al conocimiento que hace posible la construcción del conocimiento escolar de la biología —la denominada biología escolar—, entendida como una versión más complejizada del conocimiento cotidiano del estudiantado y, a la vez, menos compleja que el conocimiento biológico disciplinar (Valbuena Ussa, 2007). Esta distinción es relevante porque el CDCB enfatiza la enseñanza de una ciencia escolar, y no la mera simplificación o recorte del saber disciplinar, e incorpora explícitamente la perspectiva de las hipótesis de progresión como marco de referencia para el formador (Valbuena Ussa, 2007, 2011). En lo sucesivo, se emplea la sigla CDC para las consideraciones generales y CDCB cuando se alude específicamente a su dimensión biológica.

La diversidad de enfoques epistemológicos que atraviesan los contenidos biológicos incide directamente en las decisiones didácticas, las cuales dependen fuertemente del contenido disciplinar en cuestión (Park & Chen, 2012; Waugh et al., 2025). En este sentido, la planificación de secuencias didácticas se constituye como un espacio privilegiado para el análisis, permitiendo acceder a la articulación de decisiones sobre contenidos, estrategias y evaluación en contextos situados (Trinidad & Adúriz-Bravo, 2024; Valbuena Ussa, 2011).

En el campo de la enseñanza de la biología, esta perspectiva resulta especialmente relevante debido al carácter tópico-específico del CDC, que implica que su construcción varía según los contenidos abordados (Park & Chen, 2012). Investigaciones recientes han evidenciado que los modos de enseñar, las decisiones didácticas y las anticipaciones sobre el aprendizaje dependen fuertemente del contenido disciplinar en cuestión (Waugh et al., 2025).

En América Latina, diversos estudios han profundizado esta mirada, enfatizando el carácter situado y relacional del CDC. En particular, los aportes de Ottogalli y Bermúdez (2024) han mostrado que el conocimiento docente se configura como una red de relaciones entre componentes, con distintos niveles de integración. Asimismo, investigaciones en formación docente han evidenciado tensiones entre componentes del CDC y dificultades para lograr coherencia en la planificación de la enseñanza (Ravanal & López-Cortés, 2016).

En este contexto, si bien los avances teóricos han permitido comprender el CDC como un conocimiento dinámico, situado y relacional, persiste la dificultad de contar con herramientas analíticas que permitan abordar de manera integrada su evolución y su coherencia interna en contextos de formación docente.

En respuesta a esta situación, el presente artículo —derivado de una tesis de maestría reciente (Rusnok, 2024)— tiene como propósito mostrar las potencialidades del uso de hipótesis de progresión (HP) y diagramas de pentágono (DP) como herramientas para el estudio del CDC, particularmente en lo que respecta a su construcción, evolución y coherencia en docentes en formación en la asignatura Didáctica de la Biología. La investigación de la que se desprende adoptó un diseño de estudio de caso múltiple con cinco docentes en formación; en este artículo, por razones de profundidad analítica y de extensión, se presenta en detalle uno de esos casos, seleccionado por resultar especialmente ilustrativo del funcionamiento de las herramientas.

Las HP se consolidan como instrumentos analíticos fundamentales para comprender la evolución del saber docente, estructurando el conocimiento en gradientes de complejidad que transitan desde nociones intuitivas o generales hacia modelos deseables y fundamentados. Esta aproximación teórica facilita la transición de un pensamiento simple hacia uno

progresivamente complejo, y ha sido utilizada para mapear la trayectoria de aprendizaje en la formación de profesores de Ciencias (Fernández-Arroyo & Rodríguez-Marín, 2017; López-Lozano & Solís Ramírez, 2020). Esta transición encuentra en el diagrama de pentágono una representación visual que permite objetivar la evolución de las dimensiones del CDC analizadas (Park & Chen, 2012).

Diversos estudios han mostrado que el crecimiento en una dimensión del CDC no garantiza su integración con las demás, dando lugar a configuraciones donde conviven visiones innovadoras en un componente con lógicas tradicionales en otro (Carlson et al., 2019; Chan, 2022). En diálogo con los enfoques de mapeo del CDC (Ottogalli & Bermúdez, 2024; Park & Oliver, 2008), la articulación entre HP y DP, desarrollada en la tesis de referencia (Rusnok, 2024), se propone como una herramienta complementaria para profundizar en el análisis de la coherencia del CDC. Esta propuesta busca operacionalizar una aproximación a la coherencia en términos de niveles de complejidad. De este modo, la herramienta no reemplaza el análisis relacional, sino que busca complementarlo, permitiendo visibilizar tensiones y desequilibrios que resultan críticos para comprender la evolución del saber del docente en formación.

En este marco, la presente investigación se orienta a indagar: ¿qué potencialidades ofrecen las hipótesis de progresión y los diagramas de pentágono para analizar la construcción del CDC en docentes en formación, en términos de su evolución y coherencia?

2. Metodología

2.1. Enfoque y diseño

Bajo una perspectiva cualitativa e interpretativa, esta investigación busca analizar los procesos formativos a partir de la experiencia directa de un grupo de estudiantes en la elaboración de secuencias didácticas. El estudio se desarrolló en 2021 durante la cursada de Didáctica de la Biología y se basa en un diseño flexible de estudio de caso múltiple, integrado por cinco casos. Si bien las hipótesis de progresión se construyeron a partir del análisis transversal de los cinco casos, en este artículo se profundiza en uno de ellos —el de Analía— por resultar especialmente ilustrativo de las potencialidades de las herramientas; los restantes casos se reportan en extenso en la tesis de referencia (Rusnok, 2024).

2.2. Contexto y participantes

Los casos fueron seleccionados siguiendo criterios de factibilidad relacionados con la posibilidad de riqueza informativa, la accesibilidad a las estudiantes y su aceptación de participación. Participaron cinco mujeres, de entre 20 y 25 años, que transitaban el tercer año

de su carrera de profesorado, momento en el que se ubica la asignatura Didáctica de la Biología en el Plan de Estudios. Para respetar el anonimato de las estudiantes, se le asignó un seudónimo a cada una. Estos seudónimos y los temas específicos sobre los que trabajaron se observan en la Tabla 1.

Cabe señalar que las secuencias didácticas elaboradas y analizadas estaban destinadas a estudiantes de los primeros años de la educación secundaria. En su mayoría se orientaban a 2.º año, es decir, a adolescentes de entre 13 y 14 años, según la estructura del Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires (Argentina).

Tabla 1

Participantes y temas de sus secuencias didácticas

Participante	Tema trabajado en la secuencia didáctica (SD)	Curso de secundaria destinatario
Irene	Relación entre ADN y proteínas	3.º (≈14-15 años)
Rosario	Genética clásica	2.º (≈13-14 años)
Karina	La teoría de la selección natural	2.º (≈13-14 años)
Estela	Origen de las primeras células	2.º (≈13-14 años)
Anaía	La célula, la compleja unidad básica de la vida	2.º (≈13-14 años)

Nota. Los cursos destinatarios se establecen según el Diseño Curricular de Biología de la Provincia de Buenos Aires (Argentina). Las edades de los estudiantes destinatarios son aproximadas.

2.3. Fuentes de información e instrumentos

Se utilizaron dos tipos de fuentes de información: las secuencias didácticas (SD) iniciales y finales elaboradas por cada participante sobre temas específicos (ADN, genética, selección natural, célula y origen de la vida) y entrevistas semiestructuradas (Flick, 2012), realizadas luego de elaborar la primera SD y al finalizar la última SD del trayecto de la asignatura. La selección de las SD como fuente se relaciona con la centralidad que tiene esta producción estudiantil durante la materia, como actividad práctica integradora de los diversos contenidos de la Didáctica de la Biología.

Las entrevistas buscaron describir y fundamentar lo realizado en las SD en la voz de las participantes. Se optó por el formato semiestructurado porque, en el enfoque cualitativo, este

resulta particularmente conveniente para crear situaciones de conversación que faciliten la expresión natural de percepciones y perspectivas por parte de los sujetos de investigación.

La elección de estos instrumentos para estudiar el CDC se basó en la flexibilidad que otorgan para explorar temas emergentes, ya que se buscó construir categorías a partir de las descripciones abiertas y profundas tanto a nivel declarativo (entrevistas) como en la acción (elaboración de secuencias didácticas), cuya complementación permite además recuperar reflexiones sobre lo realizado. Esta decisión pretende capturar la naturaleza holística y compleja del CDC, siguiendo la línea de trabajos que estudian este constructo en la acción (Brown et al., 2013; Chapoo et al., 2014; González & Rossi, 2015; Mthethwa-Kunene et al., 2015; Park et al., 2011).

Cada participante elaboró dos secuencias didácticas —una al comienzo del trayecto (SD1) y otra al cierre (SD2)— y fue entrevistada en dos momentos —al inicio (E1) y al finalizar (E2). En total, se obtuvieron diez documentos primarios (cinco secuencias iniciales y cinco finales) y diez entrevistas (cinco iniciales y cinco finales). El CDC inicial de cada participante se estableció triangulando la información de la SD1 con la de la E1, mientras que el CDC final se determinó triangulando la SD2 con la E2. De este modo, la comparación entre ambos momentos permite describir la evolución del CDC y sus componentes a lo largo de la cursada.

Las entrevistas fueron grabadas y transcritas, y se asignaron códigos a las fuentes de información (ver Tabla 2).

Tabla 2

Fuentes de información y códigos asignados

Fuente de información	Código
Secuencia didáctica inicial	SD1
Secuencia didáctica final	SD2
Entrevista inicial	E1
Entrevista final	E2

A modo de ejemplo, se presenta la siguiente codificación: SD1-A1: *“Teniendo en cuenta la siguiente figura, dibuja los cromosomas de un individuo en la meiosis”*. En este caso, SD1 significa secuencia didáctica inicial y A1 la actividad número 1. Este código fue agrupado en el componente relacionado con las estrategias de enseñanza.

2.4. Análisis de datos

Se realizó un análisis de contenido de tipo deductivo e inductivo, construyendo categorías emergentes que fueron refinadas y conceptualizadas a partir de tres modelos: el de Magnusson et al. (1999) —cuya estructura de cinco componentes proporcionó la base para organizar los hallazgos sobre las orientaciones y los conocimientos del currículo, las y los estudiantes, las estrategias y la evaluación—; el de Park y Oliver (2008) —que permitió identificar la naturaleza relacional de las categorías, enfocando el análisis no solo en la presencia de componentes aislados, sino en su integración y coherencia—, y el de Valbuena Ussa (2007) —que aportó la especificidad necesaria para que las categorías emergentes respondieran a la naturaleza del Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico (CDCB), atendiendo a la lógica propia de la disciplina—.

A partir de este trabajo quedaron consolidados cinco componentes (ver Tabla 3): Finalidades de la enseñanza (Fi), Selección y organización de contenidos (SOC), Conocimiento de las ideas previas (C-IP), Estrategias de enseñanza (Est) y Evaluación (Ev).

Tabla 3

Componentes del CDC y focos de análisis

Componente	Sigla	Foco del análisis en la Didáctica de la Biología
Finalidades de la enseñanza	Fi	Objetivos pedagógicos: desde la memorización de términos hasta la formación para la ciudadanía y la alfabetización científica.
Selección y organización de contenidos	SOC	Criterios para jerarquizar el saber biológico y su adecuación al nivel educativo.
Conocimiento de las ideas previas	C-IP	Tratamiento de las ideas previas, entendidas como concepciones alternativas (Tamayo Alzate, 2016) del estudiantado sobre el tópico biológico: desde su no consideración hasta su indagación e integración en la propuesta.
Estrategias de enseñanza	Est	Secuenciación de actividades y estrategias utilizadas: desde exposiciones de información hasta estrategias de indagación y problematización del saber.
Evaluación	Ev	Herramientas y criterios para valorar el aprendizaje: desde pruebas reproductivas hasta evaluaciones formativas y

Componente	Sigla	Foco del análisis en la Didáctica de la Biología
		reguladoras.

De este modo, la herramienta analítica resultante (las hipótesis de progresión y los pentágonos) representa una síntesis original entre los datos empíricos de las docentes en formación y los marcos teóricos de referencia, garantizando un análisis situado y fundamentado.

2.5. Instrumentos de análisis

2.5.1. Hipótesis de progresión (HP)

Los niveles de construcción de las HP se definieron bajo un criterio de complejidad creciente:

Nivel A (inicial): perspectiva academicista y transmisionista. El principal propósito de la enseñanza de la biología es que el estudiantado aprenda los contenidos (esencialmente conceptuales) de la disciplina.

Nivel a (supera el inicial): superación del nivel inicial con intentos de mediación didáctica, pero con persistencia de lógicas disciplinares.

Nivel b (cercano al de referencia): perspectiva de transición hacia la alfabetización científica. El abordaje de las dimensiones sociales, éticas o políticas de la ciencia es instrumental o ilustrativo, sin alcanzar aún una integración plena de la argumentación crítica o la toma de decisiones ciudadanas complejas.

Nivel B (referencia): perspectiva de alfabetización científica y tecnológica. La enseñanza de la biología está orientada a la formación ciudadana, con cierto nivel de conocimientos y saberes acerca de la ciencia que constituyan herramientas para comprender, interpretar y actuar sobre problemáticas sociales.

Cabe destacar que las categorías descritas fueron codificadas en términos similares a los empleados por Samuelowicz (1999) y Samuelowicz y Bain (2001): la letra A refiere a la categoría más cercana a los rasgos del nivel inicial, mientras que la letra B refiere a los rasgos predominantes del nivel referencial.

En términos generales, el nivel inicial se alinea con el modelo pedagógico tradicional, según la caracterización de Jurado-Burbano et al. (2020), mientras que el nivel de referencia o deseado se corresponde con el modelo constructivista que proponen dichos autores. En Argentina, este modelo es promovido en los diseños curriculares en búsqueda de lo que se denomina “alfabetización científica y ciudadana”.

Las HP buscan organizar el conocimiento en niveles evolutivos que van desde formas más simples o intuitivas hacia otras conceptualmente más complejas y deseables de acuerdo con un marco teórico de referencia (en este caso, cercano al constructivismo y a la alfabetización científica). Por lo tanto, en el contexto de las HP utilizadas aquí, la progresión (el movimiento a través de los niveles, de A hacia B) implica intrínsecamente un avance hacia una mayor complejidad.

Este enfoque, que vincula progresión con complejidad creciente en el conocimiento docente, es coherente con los planteamientos originales sobre HP (García, 1998; Porlán & Rivero, 1998) y ha sido utilizado en estudios sobre desarrollo del conocimiento profesional (López-Lozano & Solís Ramírez, 2020; Martínez et al., 2011). Las HP permiten al formador no solo evaluar el estado actual del estudiante, sino trazar rutas posibles de mejora (Martin et al., 2022).

2.5.2. Diagrama de pentágono como herramienta visual de análisis

Para representar los cambios del CDC de cada estudiante se utilizaron diagramas de pentágono, cuyos vértices, representados por círculos, son los componentes del CDC estudiados y presentan colores y niveles de progresión (ver Figura 1). Esta herramienta incorpora los niveles de las HP para representar visualmente si una docente en formación mantiene un perfil coherente o si su CDC se encuentra fragmentado, coexistiendo, por ejemplo, estrategias innovadoras con evaluaciones tradicionales (Rusnok, 2024).

Figura 1

Colores y niveles de progresión



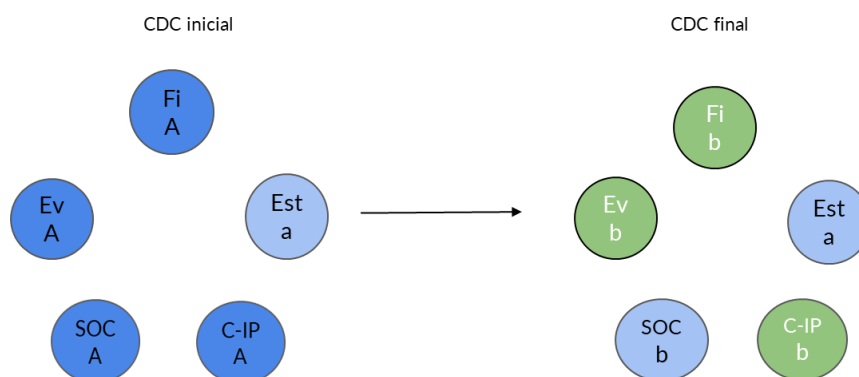
Resulta pertinente justificar la forma de representación adoptada. El modelo de pentágono fue propuesto originalmente por Park y Chen (2012) para visualizar las conexiones entre los componentes del CDC, trazando líneas entre los vértices cuya presencia expresa la frecuencia de interacción entre componentes a partir de episodios de enseñanza. En este trabajo se adopta una adaptación deliberada de ese dispositivo: los vértices se representan mediante

círculos cuyo color indica el nivel de progresión alcanzado por cada componente, en lugar de líneas que cuantifiquen sus interacciones. Esta decisión responde al objetivo del estudio, centrado en visualizar la evolución de los componentes y la coherencia entendida como similitud de niveles de complejidad entre ellos, y no en mapear la frecuencia o la direccionalidad de sus relaciones. Por ello, los círculos aparecen desarticulados entre sí: la herramienta no representa vínculos directos entre componentes, sino la correspondencia (o disparidad) de niveles. Se trata, en consecuencia, de una aproximación a la coherencia, cuyos alcances y limitaciones se retoman en la discusión.

Estos diagramas pretenden evidenciar la coherencia del CDC. Dicha coherencia se define en este trabajo como el grado en que los distintos componentes (representados en los vértices del pentágono) se sitúan en niveles de progresión similares dentro de las HP construidas para una participante en un momento determinado, lo cual se hace evidente a través de la correspondencia de colores (ver Figura 2).

Figura 2

Ejemplo hipotético de diagrama de pentágono de CDC inicial y CDC final con los niveles de progresión



Nota. Los círculos del pentágono representan los componentes: Ev (evaluación); Fi (finalidades de la enseñanza); Est (estrategias de enseñanza); SOC (selección y organización del contenido de biología), y C-IP (conocimientos de las ideas previas). Las letras representan los niveles: A (nivel inicial, color azul) y a (nivel intermedio más próximo al inicial, color celeste).

Conceptualmente, esta coherencia puede interpretarse como una aproximación al grado de articulación interna del CDC, sin equivaler a una medida de su integración (Hashweh, 2005; Park & Oliver, 2008). Un perfil coherente (sea en niveles iniciales o de referencia) podría sugerir una visión de la enseñanza consolidada, mientras que perfiles con baja coherencia (niveles dispares entre componentes) podrían indicar un conocimiento más fragmentado o en transición. En todo caso, la coincidencia de niveles constituye una condición necesaria, pero no

suficiente, para afirmar la integración entre componentes, cuestión que se retoma en la discusión.

3. Resultados

Como se anticipó, si bien las hipótesis de progresión se construyeron a partir del análisis transversal de los cinco casos que integraron la investigación, en este apartado se profundiza en el trayecto de Analía. Su caso resalta, ya que evidencia una de las progresiones más significativas: el tránsito desde una planificación marcadamente tradicional hacia una propuesta que logra alinearse con los niveles de referencia del constructivismo y la alfabetización científica en la mayoría de sus componentes.

Analía es estudiante avanzada de una carrera de Licenciatura en Ciencias Biológicas de una universidad nacional argentina y tuvo experiencia brindando clases particulares de Biología, tanto en el nivel secundario como universitario. Desarrolló su secuencia didáctica en torno al eje temático “La célula: la compleja unidad básica de la vida”, destinado a 2.º año de la educación secundaria (estudiantes de entre 13 y 14 años).

3.1. Caracterización del CDC inicial de Analía

El caso de Analía resulta particularmente ilustrativo para analizar las tensiones entre el saber disciplinar y el saber pedagógico del contenido. Su doble condición —un trayecto recorrido en el dominio del contenido biológico y una práctica docente previa a su formación sistemática en didáctica— parece marcar un punto de partida donde prevalece la lógica del especialista sobre la lógica de la transposición didáctica.

En su propuesta inicial sobre la célula, Analía parece replicar el modelo academicista bajo el cual fue formada en la universidad. Es posible que, en este estadio, su CDC inicial se encontrara fuertemente condicionado por una visión de la biología como una estructura de conceptos acabados que deben ser transmitidos con rigor técnico, priorizando la precisión terminológica sobre la relevancia social del conocimiento. El único componente que supera el nivel inicial (a) fue Estrategias de enseñanza: utiliza diversidad de estrategias, lo cual probablemente sea favorecido por sus experiencias previas en ámbitos de enseñanza no formales. Esto se traduce en una planificación donde la prioridad es que el estudiantado resuelva una variedad de actividades para alcanzar definiciones adecuadas y reconocer estructuras biológicas (organelas y partes), dejando en un plano secundario la construcción de modelos científicos más complejos.

Asimismo, su aproximación a la didáctica en este nivel inicial se caracteriza por un activismo incipiente pero desprovisto de andamiaje: Analía propone la participación del estudiantado, pero su intervención docente consiste en dar la definición adecuada. El CDC inicial se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4

CDC inicial de Analía. Tema: La célula, la compleja unidad básica de la vida (2.º año)

Categoría	Unidades de información	Descripción sintética	Ejemplos
Finalidades de la enseñanza (Nivel A)	E1-P2-2; E1-P2-5; SD1-A2-3; SD1-A5-1	Perspectiva propedéutica y disciplinar. El propósito principal es la acumulación de conceptos para habilitar temas posteriores. No hay mención a la utilidad social o ciudadana del saber.	E1-P2-5: “Es fundamental que los alumnos identifiquen y nombren correctamente cada organela; esto les sirve para que no tengan dificultades el año que viene...”.
Selección y organización del contenido (Nivel A)	E1-P3-8; SD1-A2-1; SD1-A3-1	Se jerarquiza el contenido en función de la estructura de la disciplina y la trayectoria personal de la docente, omitiendo las prescripciones del Diseño Curricular (DCJ).	E1-P3-8: “Les pido que lean un texto que armé sobre qué es la célula... [un texto descriptivo, técnico, con foco en organelas y estructura]”.
Conocimiento de las ideas previas (Nivel A)	SD1-A1	No indaga ideas ni conocimientos previos.	SD1-A1: se inicia directamente con la exposición del tema, sin actividades de indagación o conflicto cognitivo.
Estrategias de enseñanza (Nivel a)	E1-P3-6; SD1-A4-1; SD1-A3-1; SD1-A4-2	Mediación didáctica incipiente con persistencia de la lógica disciplinar. Hay un intento de que el alumno participe (búsqueda de información), pero la actividad es mecánica (copiar) y la autoridad del saber sigue centrada en la definición	E1-P3-6: “Busquen qué es una célula y escriban un resumen...”. SD1-A3-1: “Buscar una imagen de una célula procariota y dibujarla...”.

Categoría	Unidades de información	Descripción sintética	Ejemplos
“correcta” de la docente.			
Evaluación (Nivel A)	Sin datos	No hay evidencias de evaluación.	No hay evidencias de evaluación.

3.2. Evolución hacia el CDC final

En la etapa final, el CDC de Analía muestra una evolución notable hacia el nivel de referencia (B) en sus finalidades de la enseñanza y un nivel b en la mayoría de sus componentes. Logra una buena integración de la Historia de la Ciencia: presenta al científico que nombró por primera vez a las células, Robert Hooke, y su entorno sociocultural, para que el estudiantado reflexione sobre cómo las ideas científicas están influenciadas por sus contextos de producción. Esta visión se consolida con una actividad de valor creativo: escribirle una carta a Hooke para contarle qué sabemos hoy de las células, uniendo el pasado con el presente científico.

Analía propone ejemplos disruptivos, como el artículo sobre la bacteria que come metales o la problemática del coronavirus. Un punto clave de su CDC es la enseñanza de la mitocondria y el ATP: utiliza el simulador Kokori para que el estudiantado observe la mitocondria en funcionamiento y entienda por qué el ATP está allí. Sin embargo, en la Selección y organización de contenidos y en las Estrategias de enseñanza, Analía se sitúa en un nivel b (y no en un nivel de referencia). Esto responde a que la secuenciación de las actividades aún presenta rasgos de fragmentación: si bien las propuestas son diversas, no termina de articularse bajo una matriz conceptual única que logre integrar los diversos temas (metabolismo, historia de la ciencia, contexto sociosanitario) en un modelo escolar de célula integrado.

En cuanto a sus ideas previas, logra no solo indagar concepciones alternativas al inicio de la secuencia, sino retomarlas en algunas actividades. No alcanza un nivel de referencia B porque no habilita un andamiaje para reflexionar sobre la evolución de los modelos iniciales.

En la categoría de evaluación, Analía se sitúa en un nivel a. Si bien incorpora instrumentos variados y visualmente atractivos —como la elaboración de maquetas tridimensionales, el uso de imágenes y el análisis de modelos—, la lógica subyacente de estas tareas sigue siendo predominantemente reproductiva. Analía ha logrado avances en el cómo evalúa, pero aún conserva lógicas tradicionales en el que evalúa. El CDC final se sintetiza en la Tabla 5.

Tabla 5

CDC final de Analía. Tema: La célula, la compleja unidad básica de la vida (2.º año)

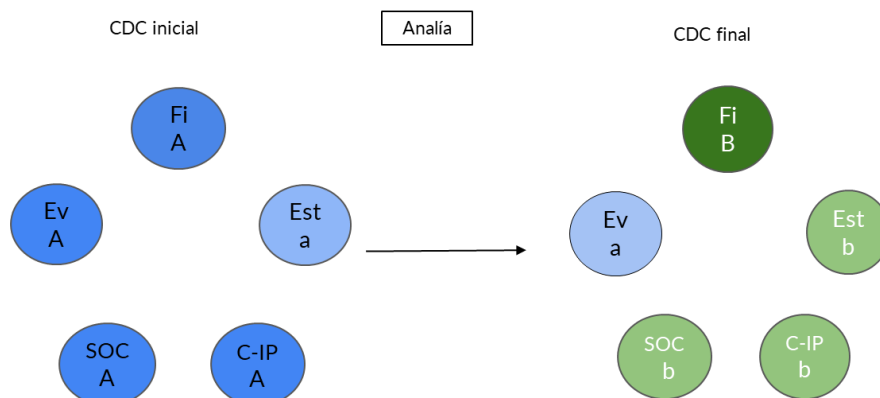
Categoría	Unidades de información	Descripción sintética	Ejemplos
Finalidades de la enseñanza (Nivel B)	E2-P1-17; SD2-A1; SD2-A6; SD2-A4	Alfabetización científica y enfoque CTS. La enseñanza se orienta a la formación de ciudadanos críticos. Integra la Historia y la Naturaleza de la Ciencia (NdC) para mostrar el conocimiento como una construcción social situada.	SD2-A4: [Uso del texto] “Hooke, el observador olvidado”. Analiza cómo el contexto del Imperio inglés (siglo XVII) influyó en la ciencia.
Selección y organización del contenido (Nivel b)	SD2-A1-1; SD2-A2-1; SD2-A3-1; SD2-A4-1; SD2-A6-1; E2-P1-5	Alineación curricular con fragmentación lógica. Se ajusta a los contenidos del Diseño Curricular (DCJ) y busca temas funcionales (ATP, mitocondria), pero la secuencia carece de una matriz integradora clara.	E2-P1-5: “Una organela que me pareció importante y aparece en el DCJ es la mitocondria...”.
Conocimiento de las ideas previas (Nivel b)	SD2-A1-1; SD2-A3-5	Inicia con indagación de ideas previas y luego las retoma, sin llegar a reflexionar sobre la complejización de los modelos iniciales.	SD2-A1-5: [Inicia indagando sobre seres vivos y luego pide]: “¿Cuáles de los seres vivos de la Actividad 1 poseen células procariotas? Conversamos con el resto del grupo...”.
Estrategias de enseñanza (Nivel b)	E2-P1-2; SD2-A5; SD2-A3-4; E2-P1-4; E2-P1-6; E2-P3-1	Supera la copia de esquemas e incorpora diversidad de formatos (simuladores, videos, divulgación) con actividades que requieren procesamiento cognitivo (cuadros de antes/después del video).	SD2-A3-4: “Completar un cuadro antes y después del video y hacer una lista de palabras clave”. SD2-A5: “Simulador Kokori con actividades de recepción significativas...”.

Evaluación (Nivel a)	E2-P5-13; E2-P5-14; SD2-A7-1	Incorpora ítems de evaluación variados (con imágenes y maquetas), pero persiste la lógica de evaluación reproductiva, ya que solicita recordar las partes de la célula.	SD2-A7-1: "...describan las partes de la célula vistas (mitocondria, membrana celular, etc.) y sus características..."
-------------------------	------------------------------	---	--

Para visualizar la caracterización del CDC basada en HP se elaboró un diagrama de pentágono (ver Figura 3).

Figura 3

Diagrama de pentágono de CDC inicial y final de Analía



Nota. Los componentes son los círculos de los pentágonos: Ev (evaluación); Fi (finalidades de la enseñanza); Est (estrategias de enseñanza); SOC (selección y organización del contenido de biología), y C-IP (conocimientos de las ideas previas). Los niveles se indican con letras y colores: A (nivel inicial, azul); a (supera el nivel inicial, celeste); b (cercano al nivel de referencia, verde claro), y B (nivel de referencia, verde oscuro).

El diagrama de pentágono final de Analía (Figura 3) permite objetivar una evolución sustancial pero asincrónica. Si bien la progresión de los vértices hacia el nivel B en Finalidades de la enseñanza y hacia el nivel b en Estrategias de enseñanza y en Conocimientos de las ideas previas denota una reestructuración cualitativa de su CDC, la herramienta visibiliza con claridad una tensión irresuelta en la Evaluación (nivel a). Esta asimetría en el diagrama es, precisamente, su mayor fortaleza: permite visualizar un CDC en transición donde el avance en varios componentes convive aún con lógicas de acreditación tradicionales, evidenciando que el cambio hacia la coherencia constructivista no es un proceso lineal ni uniforme.

La Tabla 6 presenta los criterios utilizados para asignar los niveles en este caso, describiendo brevemente los descriptores de cada nivel (desde el pensamiento simple/tradicional hasta el complejo/deseable).

Tabla 6

Hipótesis de progresión del CDC en la elaboración de secuencias didácticas de Analía en el contexto de Didáctica de la Biología

Componente del CDC	Nivel inicial	Nivel final	Indicador de cambio
Finalidades de la enseñanza	A: Perspectiva academicista. El principal propósito es que el estudiantado aprenda los contenidos (esencialmente conceptuales) de la biología.	B: Perspectiva de alfabetización científica y tecnológica: la enseñanza se orienta a la formación ciudadana, con saberes acerca de la ciencia que constituyen herramientas para comprender, interpretar y actuar sobre problemáticas sociales.	Inclusión de trabajo reflexivo sobre temas sociocientíficos y Naturaleza de la Ciencia.
Estrategias de enseñanza de la biología	A: Estrategias limitadas a la transmisión directa de los contenidos a través de exposiciones orales, videos o textos de carácter expositivo.	b: Aparece diversidad de actividades y recursos cercanos al aprendizaje significativo.	Uso de simuladores y textos de divulgación científica.
Conocimientos de las ideas previas	A: No tiene en cuenta ideas ni conocimientos previos.	b: Indaga ideas previas y las retoma en la secuencia, pero no propicia reflexiones sobre los avances en los modelos iniciales.	Actividades para indagar ideas previas.
Evaluación de los aprendizajes de biología	A: No considera la evaluación dentro de la propuesta didáctica.	a: Utiliza variedad de actividades que requieren repetición de conceptos y definiciones.	Ítems evaluativos para identificar organelas en diagramas y completar

Componente del CDC	Nivel inicial	Nivel final	Indicador de cambio
			conceptos en mapas.

4. Discusión

Los resultados permiten interpretar que la construcción del CDC en docentes en formación responde a un proceso complejo, no lineal y situado, en concordancia con lo planteado por Gess-Newsome (2015). El caso de Analía constituye una evidencia de que los avances del CDC implican un desarrollo diferencial intrasujeto e intercomponentes, donde conviven saltos cualitativos hacia la alfabetización científica con persistencias de la lógica disciplinar (Rusnok, 2024).

La enseñanza del concepto de célula parecería presentar desafíos intrínsecos de orden cognitivo y didáctico para las docentes en formación. Debido a su elevado nivel de abstracción y a la escala microscópica que lo caracteriza, este tópico podría propiciar inicialmente una enseñanza fragmentada, a menudo limitada a la descripción técnica de organelas. En este contexto, el CDC inicial de Analía podría interpretarse como una manifestación de la denominada lógica del especialista (Ravanal & López-Cortés, 2016), en la cual el contenido biológico se presentaría como un objeto de estudio estático y descontextualizado.

No obstante, a través de la implementación de las hipótesis de progresión se puede observar una trayectoria de cambio hacia modelos de mayor complejidad. Como sugieren Bohórquez-Salazar et al. (2019), el abordaje del concepto de célula en la formación docente conlleva implicaciones profundas para la enseñanza de la biología, exigiendo una transición desde visiones reduccionistas hacia modelos integradores. Para Analía, los avances en la construcción de su CDC propician que la célula deje de ser tratada como un inventario de organelas para configurarse como un modelo escolar más integrador, donde la complejidad sistémica y el contexto histórico adquiere mayor centralidad.

El componente Evaluación presenta mayor resistencia al cambio, situándose en una zona de transición pedagógica. Como mencionan López-Lozano y Solís Ramírez (2020), las concepciones sobre la evaluación suelen estar profundamente arraigadas en las experiencias previas como estudiantes, actuando como un núcleo conservador que compite con los nuevos marcos teóricos de la didáctica. La contradicción entre proponer un análisis crítico en relación con la naturaleza de la ciencia (finalidad ciudadana) y luego evaluar mediante la descripción anatómica de organelas (evaluación reproductiva) demuestra que las concepciones más

arraigadas e implícitas (Pozo & Scheuer, 2000) suelen refugiarse en la evaluación. Mientras que las finalidades y las estrategias son más permeables al saber-decir de la formación académica, la evaluación parece estar anclada en la biografía escolar de Analía como licenciada, donde la precisión técnica sigue funcionando como el estándar de verdad.

La utilización del diagrama de pentágono como recurso visual facilita el análisis de la coherencia interna del CDC. Si bien trabajos como los de Ottogalli & Bermúdez (2024) abordan la integración del CDC a partir del mapeo relacional y de las interacciones directas entre componentes, los diagramas de pentágono aquí utilizados proponen un enfoque complementario centrado en la coherencia de los niveles de progresión. En el caso de Analía, el diagrama final evidencia una configuración asimétrica que visibiliza tensiones críticas: un avance notable en finalidades y estrategias de enseñanza frente a un nivel que apenas supera el inicial (a) en el componente evaluación.

No obstante, es preciso reconocer los alcances y los límites de esta aproximación a la coherencia. La herramienta capta la coherencia como correspondencia de niveles de complejidad entre componentes, pero no representa las relaciones directas entre ellos —su frecuencia ni su direccionalidad—, tal como sí lo hacen los enfoques de mapeo relacional (Aydin et al., 2015; Dueñas Romero, 2019; Park & Chen, 2012; Ravanal & López-Cortés, 2016). En este sentido, que dos componentes se sitúen en niveles similares constituye una condición necesaria, pero no suficiente, para afirmar su integración: pueden coincidir en su nivel de progresión sin que ello implique que se articulen efectivamente en la planificación. Por lo tanto, los resultados aquí presentados deben leerse como un acercamiento a la coherencia y no como una medida de la integración relacional del CDC. Una consecuencia de esta limitación es que la herramienta resulta más potente para diagnosticar asincronías y tensiones —dónde se concentran los desequilibrios— que para describir el modo concreto en que los componentes se vinculan entre sí. Profundizar en el tipo de relaciones que se establecen entre componentes, combinando esta herramienta con análisis relacionales que recuperen la frecuencia y la direccionalidad de las interacciones, constituye una línea de trabajo pendiente que permitiría enriquecer el diagnóstico del saber docente en formación.

5. Conclusiones

La investigación realizada ha permitido resaltar la articulación de las hipótesis de progresión y los diagramas de pentágono como una herramienta analítica potente para el estudio del Conocimiento Didáctico del Contenido en la formación inicial. A partir del análisis del caso de Analía y de su contrastación con los marcos teóricos de referencia, se observa que la principal potencialidad de la herramienta reside en su capacidad para objetivar la asincronía del

desarrollo profesional en contextos situados. El uso de las HP permite desglosar la complejidad del saber docente en niveles evolutivos, mientras que el diagrama de pentágono ofrece una representación visual que hace emerger las tensiones entre componentes.

Cabe reiterar que la coherencia aquí abordada constituye una aproximación basada en la similitud de niveles de complejidad, y no una medida de las relaciones directas entre componentes. Asumir esta delimitación es, a la vez, una limitación del estudio y una invitación a complementar la herramienta con análisis de tipo relacional en investigaciones futuras.

Además, la herramienta analítica propuesta no solo podría ser valiosa para el investigador, sino que posee un alto potencial para ser utilizada como un dispositivo de autorregulación para la docente en formación. Al visualizar sus propios pentágonos, las y los estudiantes podrían identificar las áreas de fragmentación en sus secuencias didácticas y trabajar conscientemente en la búsqueda de una matriz pedagógica más coherente e integrada en la enseñanza de tópicos específicos en biología.

Finalmente, si bien este trabajo se centró en la planificación de la enseñanza, la herramienta deja abierta la posibilidad de ser aplicada en contextos de práctica en el aula, para observar cómo estas tensiones se manifiestan en la interacción directa con el estudiantado. En definitiva, avanzar en el uso de modelos que contemplen la coherencia y la evolución asimétrica del CDC constituye un aporte para fortalecer los trayectos de formación docente, promoviendo una enseñanza de la biología que sea, al mismo tiempo, científicamente rigurosa y socialmente significativa.

6. Referencias

- Aydin, S., Demirdöğen, B., Akin, F. N., Uzuntiryaki-Kondakçı, E., & Tarkin, A. (2015). The nature and development of interaction among components of pedagogical content knowledge in practicum. *Teaching and Teacher Education*, 46, 37-50. <http://doi.org/10.1016/j.tate.2014.10.008>
- Bohórquez-Salazar, H., Marín, E. F., Torres-Niño, C. C., & Robles-Piñeros, J. (2019). Conocimiento Didáctico del Contenido de un profesor de biología sobre el concepto de célula: implicaciones para la enseñanza de la biología. *Bio-grafía*, 12(23), 37-52. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.12.num23-9323>
- Brown, P., Friedrichsen, P., & Abell, S. (2013). The development of prospective secondary biology teachers' PCK. *Journal of Science Teacher Education*, 24(1), 133-155. <https://doi.org/10.1007/s10972-012-9312-1>
- Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Chan, K. K. H., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., & Wilson, C. D. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. En A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (pp. 77-94). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2
- Chan, K. K. H. (2022). A critical review of studies using the pedagogical content knowledge map approach. *International Journal of Science Education*, 44(3), 487-513. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2035011>
- Chapoo, S., Thathong, K., & Halim, L. (2014). Understanding biology teacher's pedagogical content knowledge for teaching the nature of organism. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 464-471. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.241>

- Dueñas Romero, A. M. (2019). Conocimiento didáctico del contenido de la alimentación y la nutrición humana en profesores de Bogotá [Tesis de doctorado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/11372>
- Fernández-Arroyo, J., & Rodríguez-Marín, F. (2017). Los procesos de enseñanza-aprendizaje relacionados con el agua en el marco de las hipótesis de transición. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 227-243. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i1.17
- Flick, U. (2012). *Introducción a la investigación cualitativa*. Morata.
- Gamboa Graus, M. E., & Borrero Springer, R. Y. (2024). Planificación Didáctica por Contextos de Referencia en la formación de docentes de Física, Química y Matemática para Educación secundaria. *Revista Didáctica y Educación*, 15(4), 339-369. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9856698>
- García, E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Díada.
- Gess-Newsome, J. (2015). Un modelo de conocimiento y habilidad profesional docente que incluye PCK. En Berry, J. P. Friedrichsen, & Loughran, A. (Eds.), *Reevaluación del conocimiento pedagógico del contenido en la enseñanza de las ciencias* (pp. 28-42). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315735665>
- González, N. V., & Rossi, A. M. (2015). Conocimiento pedagógico del contenido para la enseñanza del tema mitosis: un estudio de casos con docentes universitarios de Argentina. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 29, 215-232. <https://doi.org/10.7203/dces.29.4991>
- Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: A reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching*, 11(3), 273-292. <https://doi.org/10.1080/13450600500105502>
- Jurado-Burbano, L. C., Eraso-Insuasty, C. D., & Villacrez-Oliva, M. V. (2020). Coherencia entre modelo pedagógico y prácticas pedagógicas de los docentes de Ciencias Naturales.

Revista UNIMAR, 38(2), 29-61. <https://doi.org/10.31948/Rev.unimar/unimar38-2-art2>

López-Lozano, L., & Solís Ramírez, E. (2020). Una investigación sobre la evolución del conocimiento didáctico del profesorado sobre la evaluación en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 38(1), 87-104. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2755>

Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En J. Gess-Newsome, & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Kluwer. https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4

Martín, S., Rusnok, G., & García, B. M. (2022). Una propuesta formativa para Didáctica de la Biología centrada en las interrelaciones teoría-práctica mediadas por procesos reflexivos. En *Actas de las 4.ª Jornadas sobre las Prácticas Docentes en la Universidad Pública*. Universidad Nacional de La Plata. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/144481>

Martínez, C., Molina, A., Reyes, J., Valbuena Ussa, É., & Hederich, C. (2011). Una hipótesis de progresión del conocimiento del profesor de ciencias sobre el conocimiento escolar. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (número extraordinario), 1589-1594.

Mthethwa-Kunene, E., Onwu, G. O., & de Villiers, R. (2015). Exploring biology teachers' pedagogical content knowledge in the teaching of genetics in Swaziland science classrooms. *International Journal of Science Education*, 37(7), 1140-1165. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1022624>

Ottogalli, M. E., & Bermúdez, G. M. A. (2024). Conocimiento didáctico del contenido de formadores de profesores sobre didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 42(3), 55-74. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6112>

Park, S., & Chen, Y.-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922-941. <https://doi.org/10.1002/tea.21022>

- Park, S., Jang, J.-Y., Chen, Y.-C., & Jung, J. (2011). Is pedagogical content knowledge (PCK) necessary for reformed science teaching? Evidence from an empirical study. *Research in Science Education*, 41(2), 245-260. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9163-8>
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>
- Porlán, R., & Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores: una propuesta formativa en el área de ciencias*. Díada.
- Pozo, J. I., & Scheuer, N. (2000). Las concepciones sobre el aprendizaje como teorías implícitas. En Pozo, J. I., & Monereo, C., (Coord.). *El aprendizaje estratégico. Enseñar a aprender desde el currículo* (pp. 87-108). Santillana.
- Ravanal, E., & López-Cortés, F. (2016). Mapa del conocimiento didáctico y modelo didáctico en profesionales del área biológica sobre el contenido de la célula. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(3), 725-742. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i3.15
- Rusnok, G. L. (2024). *La construcción del Conocimiento Didáctico del Contenido durante la planificación de secuencias didácticas en una cátedra de Didáctica de la Biología: un análisis basado en hipótesis de progresión*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Córdoba]. <http://hdl.handle.net/11086/558857>
- Samuelowicz, K. (1999). *Academics' educational beliefs and teaching practices* [Tesis doctoral, Griffith University]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/10072/365985>
- Samuelowicz, K., & Bain, J. D. (2001). Revisiting academics' beliefs about teaching and learning. *Higher Education*, 41(3), 299-325. <https://doi.org/10.1023/A:1004130031247>
- Tamayo Alzate, Ó. E. (2016). De las concepciones alternativas a la modelización en la enseñanza. *Latinoamericana de Estudios Educativos*, 12(2), 7-12. <https://revistasojis.ucaldas.edu.co/index.php/latinoamericana/article/view/4023>

- Trinidad, O., & Adúriz-Bravo, A. (2024). Enseñanza de las ciencias basada en contexto: análisis de secuencias didácticas en la formación inicial del profesorado de Ciencias Naturales. *Revista de Enseñanza de la Física*, 36(extra-1), 335-343. <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v36.n.4727>
- Valbuena Ussa, É. (2007). *El conocimiento didáctico del contenido biológico: estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional* [Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid]. Docta Complutense. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/5636>
- Valbuena Ussa, É. (2011). Hipótesis de progresión del conocimiento biológico y del conocimiento didáctico del contenido biológico. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (30), 30-52. <https://doi.org/10.17227/ted.num30-1097>
- Waugh, A. H., Green, K. E., & Andrews, T. C. (2025). How do early-career biology faculty develop pedagogical content knowledge? Exploring variation and longitudinal development. *CBE-Life Sciences Education*, 24(1), Art. 13. <https://doi.org/10.1187/cbe.24-08-0211>