



CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTENIDO BIOTECNOLOGÍA DE UNA PROFESORA DE BOGOTÁ: COMPLEJIZACIÓN DE SU REPRESENTACIÓN EN MAPAS DE RELACIONES

DIDACTIC CONTENT KNOWLEDGE OF BIOTECHNOLOGY OF A TEACHER FROM BOGOTÁ. COMPLEXIFICATION OF ITS REPRESENTATION IN RELATIONSHIP MAPS

Nydia Esperanza Espinel Barrero*

Secretaría de Educación de Bogotá, Colombia

Edgar Orlay Valbuena Ussa

Universidad Pedagógica Nacional, Colombia

Resumen

La biotecnología (BT) ha adquirido relevancia en las últimas décadas por su influencia en distintos sectores y por los debates en torno a sus aplicaciones. Aunque en Colombia no existe un programa de formación docente para la enseñanza de la BT, profesores de Ciencias naturales la han incorporado en la educación media. El objetivo principal de esta investigación fue caracterizar el Conocimiento Didáctico del Contenido Biotecnología (CDCBT) declarativo y en acción de una profesora experimentada de Bogotá. El estudio se desarrolló desde un enfoque hermenéutico, mediante la aplicación del instrumento Representación del Contenido (ReCo) y la observación no participante de doce clases, analizadas a través de análisis de contenido. Los resultados evidencian un CDCBT dinámico y relacional, en el que las estrategias de enseñanza se consolidan como componente articulador, y el conocimiento del contexto, aunque poco frecuente, presenta altos niveles de complejidad al vincular la BT con cuestiones sociocientíficas.

Palabras clave: Biotecnología; enseñanza; conocimiento didáctico del contenido; mapeo del CDC; componentes del CDC.

Abstract

(*) Autor para correspondencia:

Nydia Esperanza Espinel Barrero
Secretaría de Educación de Bogotá
Av. El Dorado #66-63, Teusaquillo, Bogotá,
Cundinamarca, Colombia
Correo de contacto: neespinelb@gmail.com

©2010, Perspectiva Educacional
[Http://www.perspectivaeducacional.cl](http://www.perspectivaeducacional.cl)

RECIBIDO: 03.03.2026
ACEPTADO: 16.07.2026
DOI: 10.4151/07189729-Vol.65-Iss.2-Art.1919

Biotechnology (BT) has gained considerable relevance in recent decades due to its influence on fields such as health, agriculture, and industry, as well as the ethical and social debates about its applications. Although no formal teacher training programme for biotechnology teaching exists within the Colombian educational context, some natural science teachers have incorporated this content into upper secondary education. This research arose from the need to understand how teachers apply their Biotechnology Pedagogical Content Knowledge (BT-PCK) in the classroom. Its main objective was to characterize the declarative and in-action BT-PCK of an experienced teacher, referred to as Alejandra, who teaches biotechnology at a public school in Bogotá. The study adopted a hermeneutic approach. To characterize the teacher's PCK in-action, non-participant observations were conducted during twelve biotechnology lessons taught to high school students aged 15–17, which were recorded using audio and video. The lessons were transcribed, and examined through content analysis. The Content Representation (CoRe) instrument was used to describe the teacher's declarative PCK. In both cases, systematization matrices were constructed to identify the components of BT-PCK and the relationships among them, determining the frequency, directionality, and levels of complexity of those relationships (using a previously developed progression hypothesis as a reference). Finally, representative maps of both declarative and enacted PCK were created. Within the teacher's declarative BT-PCK, the teaching content component played a central role as the main destination of the relationships, particularly in terms of strategies. The teacher demonstrated knowledge of a wide range of teaching strategies, aligned with the students' academic and career development goals. Likewise, the assessment component also appeared recurrently and was represented primarily through the use of closed-ended questions and peer-assessment and self-assessment activities. The analysis showed that the teacher's enacted PCK was dynamic and complex, with teaching strategies emerging as the predominant component and establishing the greatest number of relationships, particularly with content and

objectives. Although knowledge of the context appeared less frequently, it was distinguished by its high level of complexity, as it enabled biotechnology to be connected with socioscientific issues such as biofuels and bioremediation. The “student knowledge” component appeared in interactions that reflected the recognition of students’ prior ideas and the promotion of classroom debates, although these discussions were not always critically explored in depth. The study revealed that Alejandra’s BT-PCK integrates several components, among which strategies emerged as the central organizing element, while the context, though less frequently cited, provided a critical perspective by linking biotechnology to social and environmental issues. The teacher’s professional experience, life history, academic background, and reflection on her own practice have enabled her to develop a broad repertoire of teaching strategies, guided by human-centered and contextual considerations, including the realities and needs of the country and her students, as well as the school’s infrastructure and educational goals.

Keywords: Biotechnology; teaching; pedagogical content knowledge; CDC mapping; CDC components.

1. El Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC)

En 1987, Shulman propuso siete componentes del “conocimiento base” para la enseñanza, dentro de los cuales destacó el conocimiento pedagógico del contenido (PCK) como “la unión del contenido y la pedagogía dentro de la comprensión de cómo tópicos particulares, problemas o cuestiones son organizados, representados y adaptados de acuerdo con los diversos intereses y habilidades de los estudiantes y presentados para su instrucción” (p. 8). Diversas investigaciones han realizado distintas interpretaciones de su naturaleza, estructura y configuración (Campos & Torres, 2025; Kind, 2009; Park & Oliver, 2008; Porlán & Rivero, 1998), lo que ha dificultado llegar a consensos en su definición.

En el contexto iberoamericano, el término PCK ha sido traducido como Conocimiento Pedagógico del Contenido, pero también como Conocimiento Didáctico del Contenido, lo que ha llevado a cuestionar las posibles diferencias entre estos dos constructos, dificultando el establecimiento de los marcos de referencia de las investigaciones.

Desde 1992, por sugerencia de Carlos Marcelo, en el ámbito iberoamericano se empieza a utilizar el término Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) como traducción del término Pedagogical Content Knowledge (PCK), a pesar de que la traducción al español sea Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC). El autor defiende el uso del término CDC por reflejar mejor el significado del PCK. Así, el uso del CDC se ha ido asentando en la literatura especializada en español, tanto así que varios autores han decidido referirse indistintamente al PCK como Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) o Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) (Garritz et al., 2014).

En la presente investigación lo asumimos como CDC, en tanto se trata del conocimiento particular del profesorado para la enseñanza de un contenido específico (Duarte & Valbuena, 2024; Valbuena, 2011), en este caso: la biotecnología.

2. CDC declarativo y CDC en acción

Distintas investigaciones sobre el conocimiento del profesor coinciden en la importancia de caracterizar y analizar no solo lo que el docente dice que hace, sino lo que efectivamente desarrolla en su práctica. Tienen relación con los planteamientos de Park y Oliver (2008), quienes en su investigación con profesoras de Química documentaron dos tipos de PCK: uno que corresponde a la *reflexión sobre la acción* y otro que corresponde a la *reflexión en acción*. El primero de estos es un conocimiento que favorece el razonamiento sobre la planificación de la enseñanza (Gess-Newsome, 2015) y puede ser caracterizado a partir de los planes de aula que diseña un profesor. Entre las razones detrás de sus decisiones de enseñanza tiene un

propósito, es explícito, y de alguna manera es fácil de capturar, pues es el conocimiento que los maestros aportan para diseñar y reflexionar sobre la enseñanza. Para conocerlo se puede acudir a preguntas cuidadosas y a la reflexión en voz alta, buscando comprender lo que el maestro planeó (el qué), así como la razón de sus decisiones de instrucción (el por qué).

El PCK de la *reflexión en acción* alude al conocimiento que el profesor activa y pone en práctica mientras en el aula implementa sus planes de enseñanza, monitorea la participación de los estudiantes y, al mismo tiempo, ajusta su planeación. La toma de las decisiones del profesor en el aula requiere una reflexión en acción y es mucho más difícil de capturar en las investigaciones, pues el conocimiento utilizado es mucho más dinámico, a veces explícito, pero a menudo fugaz y tácito, y solo puede obtenerse a través de la observación directa y grabación de las clases. De acuerdo con Gess-Newsome (2015), los investigadores pueden inferir el PCK en acción basándose en el análisis de lo que ven en la práctica en el aula, aunque tal intento es más débil que el conocimiento directo obtenido del docente, por lo que su recomendación es desarrollar entrevistas de reflexión en voz alta mientras los profesores revisan los videos de sus clases e intentan recordar lo que estaban pensando y lo que influyó en lo que hicieron y por qué.

Para el caso de esta investigación hemos denominado CDC declarativo (CDCd) al conocimiento que, de acuerdo con Gess-Newsome (2015), corresponde a la *reflexión sobre la acción*, entendiendo que el profesor es consciente de este, que hace parte del conocimiento que moviliza su práctica de enseñanza y que puede ser obtenido a través de sus declaraciones. Entendemos el CDC en acción (CDCa) como el conocimiento que corresponde a la *reflexión en acción*, asumiendo que este direcciona la práctica del profesor en el aula, por lo que puede ser obtenido a través del análisis de la observación de las clases y de reflexiones en conjunto.

2.1. Estructura del PCK/CDC

A pesar de que en la literatura no existe un consenso acerca de los componentes que estructuran el PCK (Park & Chen, 2012), en esta investigación tomamos como punto de partida la propuesta de Magnusson et al. (1999), desde la cual –y desde nuestra propia revisión– consideramos como componentes del CDC el conocimiento del profesor sobre los contenidos, propósitos y estrategias de enseñanza, así como sobre la evaluación y el conocimiento de los estudiantes. Adelantándonos a los resultados, en esta investigación identificamos otro componente: el conocimiento sobre el contexto como componente del CDC para la enseñanza de la biotecnología.

Para definir la estructura del CDC, además de la caracterización de sus componentes, es menester establecer las relaciones entre estos (Abell, 2013). Al respecto, se han desarrollado

diferentes propuestas de modelización (Aydin & Yezdan, 2013; Duarte & Valbuena, 2024; Padilla & Van Driel, 2011; Park & Chen, 2012; Ravanal & López-Cortés, 2016), incluyendo frecuencias de componentes (y algunas de relaciones), así como direccionalidad entre las relaciones. Así, la estructura del CDC se ha modelizado mediante mapas que representan los componentes de dicho conocimiento y las relaciones entre los mismos. Predominan los mapas con forma de hexágono o pentágono, según estén constituidos por seis o cinco componentes del CDC, respectivamente. En estos, las relaciones entre los componentes se representan mediante líneas o flechas y, en algunos casos, se incorporan también las frecuencias de componentes y de relaciones. En la presente investigación presentamos aportes en la modelización del CDC en biotecnología, en tanto, además de mapear las frecuencias de los componentes y de las relaciones, representamos la direccionalidad de las interrelaciones y la complejidad de estas, mediante la cualificación a partir de una hipótesis de progresión.

2.2. La enseñanza de la biotecnología en América Latina y en Colombia

En las últimas décadas, la biotecnología se ha consolidado como un campo estratégico para el desarrollo científico, económico y social (García, 2021). En este contexto, la enseñanza de la biotecnología adquiere un papel fundamental, no solo en la formación de profesionales especializados, sino también en el fortalecimiento de una ciudadanía científicamente informada y crítica frente a los avances biotecnológicos y sus implicaciones éticas, ambientales y socioeconómicas (Espinel & Valbuena, 2018).

No obstante, la literatura reciente evidencia que la enseñanza de la biotecnología en América Latina presenta desarrollos heterogéneos. Mientras algunos países han fortalecido programas universitarios, posgrados y diplomados orientados a la investigación aplicada y la transferencia tecnológica, otros aún enfrentan limitaciones estructurales significativas, especialmente en los niveles de educación secundaria y técnica (Cardozo et al., 2024). Estas diferencias se reflejan principalmente en el acceso a infraestructura de laboratorio, disponibilidad de recursos didácticos y formación especializada del profesorado.

De acuerdo con Espinel (2015), la enseñanza de la biotecnología en Colombia se ha incorporado de manera progresiva en los niveles de educación media y superior, principalmente como parte de los currículos de Ciencias naturales, Biología y programas técnicos o tecnológicos, predominando contenidos conceptuales y con limitaciones en cuestiones sociocientíficas.

Respecto a las estrategias y propuestas didácticas en la enseñanza de la biotecnología, existen diferentes tendencias, entre ellas la realización de prácticas de laboratorio, el desarrollo y uso de estrategias mediadas por TIC, así como las estrategias de tipo “tradicional”, centradas en

actividades como dictado, exposición, lectura de textos y resolución de guías de estudio (Occelli et al., 2014), lo cual no propicia la alfabetización científico-tecnológica al no generar espacios de socialización de la historia de las aplicaciones biotecnológicas, de las relaciones entre estas aplicaciones y distintos escenarios sociales como el económico, el industrial, el político y el religioso, etc., ni tampoco el debate acerca de las controversias que las interacciones entre la biotecnología y los distintos subsistemas sociales puedan generar.

En el contexto colombiano, investigaciones sobre el CDC en biotecnología evidencian un conocimiento disciplinar fragmentado y un repertorio limitado de estrategias didácticas específicas para este campo, lo que repercute en prácticas de aula centradas en la transmisión de definiciones y procesos aislados, sin una adecuada contextualización sociocientífica (Gómez-Daza et al., 2024).

Investigaciones como la de González y Fonseca (2024) señalan que la enseñanza de temas como organismos genéticamente modificados, edición genética o bioprospección exige que el docente disponga de estrategias específicas para abordar controversias, promover la argumentación y guiar la toma de decisiones informadas.

Metodologías activas —como la indagación, el aprendizaje basado en proyectos y el análisis de cuestiones sociocientíficas— pueden entenderse como expresiones del CDC en acción, en tanto requieren que el docente articule el conocimiento del contenido biotecnológico con decisiones didácticas contextualizadas. No obstante, la evidencia empírica sugiere que el desarrollo de este tipo de CDC requiere procesos sistemáticos de formación inicial y continua, que incluyan experiencias prácticas, reflexión sobre la enseñanza y análisis de la práctica docente (Roa et al., 2008).

Desde esta perspectiva, la enseñanza de la biotecnología no depende exclusivamente del dominio del conocimiento disciplinar, sino de un CDC integrador y complejo del profesor. En el caso de la biotecnología, los procesos de transformación didáctica encarnan complejidad debido a su carácter interdisciplinar, su rápida evolución científica y su estrecha vinculación con controversias sociocientíficas y éticas.

3. Metodología

El análisis que presentamos se enmarca en un paradigma interpretativo (Walker, 2022). La selección de la profesora Alejandra como sujeto de investigación se llevó a cabo después de indagar con la Secretaría de Educación de Bogotá (SED) por aquellos colegios en los cuales el Proyecto de Educación Media Fortalecida tuviera énfasis en biotecnología, con la consecuente visita e invitación a participar en la investigación. Alejandra es una profesora experimentada

(con más de 30 años en la docencia, cuatro de los cuales en el programa de enseñanza de la biotecnología); se desempeña en una institución educativa oficial de Bogotá y aceptó voluntariamente colaborar para este estudio.

Para acceder al CDCa de la profesora empleamos la técnica de la observación no participante (Briones, 2001). Las clases que grabamos y transcribimos hicieron parte de dos seminarios del componente disciplinar de la malla curricular del énfasis en biotecnología: *Introducción a la biotecnología* y *Fundamentos básicos: la química de la vida*. Lo anterior, dado que la profesora orientaba ambos seminarios a los estudiantes del curso que fue seleccionado por ella para las grabaciones, y a que en ambos seminarios se abordaron contenidos asociados a la biotecnología. El grupo seleccionado estuvo conformado por 15 estudiantes (de entre 15 y 17 años) del curso 10-02 de la Jornada Tarde, quienes asistían en la mañana a los seminarios. Sistematizamos 12 clases, para un total de 13,27 horas.

Los datos fueron obtenidos una vez contamos con el diligenciamiento del formato de consentimiento informado por parte de la profesora y de los acudientes de los estudiantes.

En el proceso de mapeo del CDCa, sometimos las transcripciones a un análisis de contenido (Krippendorff, 1990), en el cual las unidades de información correspondieron a cada uno de los episodios de la clase o “segmentos de enseñanza que indican la presencia de dos o más categorías del CDC” (Park & Chen, 2012, p. 7). Las categorías de análisis correspondieron a los componentes del CDC: los propósitos de enseñanza (P), los contenidos de enseñanza (C), el conocimiento del contexto (CX), el conocimiento de los estudiantes (CE), las estrategias de enseñanza (E) y la evaluación (EV). Para cada episodio realizamos una descripción detallada en dos matrices de sistematización. La primera tuvo como finalidad la identificación de los componentes del CDC presentes, mientras que la segunda la identificación y caracterización de las relaciones, teniendo en cuenta su direccionalidad (Ravanal & López-Cortés, 2016) y complejidad (Dueñas, 2019). Realizamos luego un enfoque enumerativo (Ravanal & López-Cortés, 2016) que nos permitió conocer la frecuencia de cada una de las relaciones y su complejidad promedio, la cual representamos mediante flechas de diferente grosor y guion. En el mapeo utilizamos el modelo hexagonal propuesto por Dueñas (2019).

Para obtener el CDCd de Alejandra utilizamos el cuestionario denominado Representación del Contenido (ReCo), desarrollado por Loughran et al. (2001), ajustado a partir de las modificaciones del ReCo validado por Dueñas (2019). Con este instrumento buscamos dar cuenta del conocimiento reflejado en su práctica respecto a los componentes del CDC. Durante el proceso de mapeo del CDCd, el procedimiento fue el mismo, con la salvedad de que lo que transcribimos fue el diálogo que ocurrió durante cada entrevista y que lo que designamos como unidad de información fue cada respuesta dada a cada pregunta del

instrumento. Así mismo, diligenciamos las matrices de identificación del CDC presentes en cada respuesta, y la de establecimiento de relaciones entre componentes con los respectivos niveles de complejidad. La sistematización de cada unidad de información derivó principalmente de la lectura de cada respuesta, pero en algunos casos se complementó con notas de campo, entrevistas no estructuradas y documentos relacionados con la unidad de información.

Durante el diligenciamiento de las matrices, los autores comparamos y discutimos las categorías y subcategorías de análisis identificadas, así como la interpretación de las respuestas hasta llegar a acuerdos al respecto, con lo cual validamos las unidades de información y las relaciones entre componentes identificadas.

4. Instrumento Representación del Contenido (ReCo)

El instrumento ReCo ha sido ampliamente utilizado en estudios sobre el PCK/CDC (Aydin & Boz, 2013; Dueñas et al., 2016; Ravanal & López-Córtés, 2016). El ReCo que nosotros utilizamos correspondió a un cuestionario constituido por 15 preguntas (ver [Anexo 1](#)), cada una de las cuales fue asociada a alguno de los componentes del CDC reconocidos en esta investigación, como aparece en la siguiente tabla.

Tabla 1

Las preguntas del ReCo y los componentes del CDC

Número de pregunta (s)	Componente del CDC
1, 8, 9	Conocimiento sobre los propósitos de enseñanza
4, 5, 6	Conocimiento sobre los estudiantes
3, 7	Conocimiento sobre las estrategias de enseñanza
10, 11	Conocimiento sobre la evaluación
2, 12, 13, 14, 15	Conocimiento sobre los contenidos de enseñanza

El instrumento fue aplicado a la profesora a manera de entrevista semiestructurada, de forma tal que realizamos las preguntas en una entrevista presencial, en la que la secuencia y formulación de las preguntas pudo variar en función del diálogo y en la que, además, tuvimos libertad de realizar otras preguntas, orientadas a la ampliación y desarrollo de nuevas inquietudes o ideas relevantes (Ander-Egg, 1995), a fin de profundizar en las categorías de interés y poder interpretar y caracterizar de forma apropiada las respuestas.

5. Hipótesis de progresión para el CDC de la biotecnología

Como ya hemos mencionado, codificamos las relaciones entre componentes del CDC con respecto a su nivel de complejidad, para esto, construimos una Hipótesis de Progresión (HdP) que nos permitió valorar cada relación en un nivel de 1 a 3 (ver Anexo 2).

Como su nombre lo indica, organizamos la HdP desde una perspectiva progresiva que posibilita orientar y entender los procesos de cambio en cuanto al CDC de los profesores de Biotecnología, no desde la linealidad del proceso, sino a partir de una perspectiva flexible en la que son posibles ciclos o fluctuaciones propias de los procesos escolares (Martínez & Martínez, 2012).

La HdP presenta las categorías del CDC y tres niveles de complejidad. Dichos niveles se corresponden principalmente con los niveles de formulación sobre el modelo didáctico personal propuesto por Porlán y Rivero (1998), un nivel inicial o tradicional (complejidad 1), un nivel intermedio o tecnológico (complejidad 2) y un nivel de referencia o alternativo (complejidad 3), propuesta que complementamos a partir de otras investigaciones (Dueñas, 2019; Porlán & Rivero, 2003; Reyes & Martínez, 2013; Valbuena, 2011).

Dado que en un principio no consideramos el conocimiento sobre el contexto como un componente del CDC para la enseñanza de la biotecnología, la hipótesis que construimos no incorpora dicho componente. Los niveles de complejidad de este componente fueron emergentes al análisis de las unidades de información, esto siempre en interjuego con el marco teórico de la investigación.

6. Resultados y discusión

A continuación, presentamos un análisis comparativo de las estructuras del CDCa y el CDCd de Alejandra obtenidos a través del análisis de contenido de las 12 clases y el cuestionario ReCo. Para cada componente del CDC describimos nuestra interpretación acerca de las relaciones con otros componentes, su frecuencia y su complejidad, resultado del proceso de mapeo realizado.

7. Mapas de representación del CDCa y del CDCd de la profesora Alejandra

La Figura 1 muestra los mapas de representaciones del CDC de Alejandra, tanto en acción (consolidado, a partir de los CDC en acción de 12 sesiones de clase), como declarativo, con base en sus respuestas al cuestionario ReCo (Loughran et al., 2001) ajustado (Dueñas, 2019). Cada mapa está constituido por los siguientes aspectos:

En los vértices del hexágono, los componentes del CDC. Estos son: C: contenidos, E: estrategias, P: propósitos de enseñanza, CE: conocimiento de los estudiantes, EV: evaluación de aprendizajes y CX: contexto de enseñanza.

En cada vértice, la cantidad de relaciones del respectivo componente con otros, y a la vez la frecuencia del correspondiente componente.

Flechas con relaciones entre componentes: la dirección indica el componente de origen y de destino de la relación. Un componente es de origen (la flecha sale de él) cuando es el que produce, guía o provoca decisiones y acciones docentes; un componente es destino (la flecha llega a él) cuando es receptor o resultado del efecto de otro componente.

A manera de ejemplo, en la siguiente unidad de información:

P: Quiero que me recuerden una cosa, ustedes no están obligados a saber todo lo que tienen ahí. ¿Cuál es el objetivo de...? ¿Cuál era el objetivo de esta actividad?

E.2: Hacerla para repasar.

E.3: Organizar una información.

P: [...] El objetivo era identificar algunos hechos importantes que me permitieran reconocer que hay una biotecnología y que se desarrolló esa biotecnología, ¿está claro?

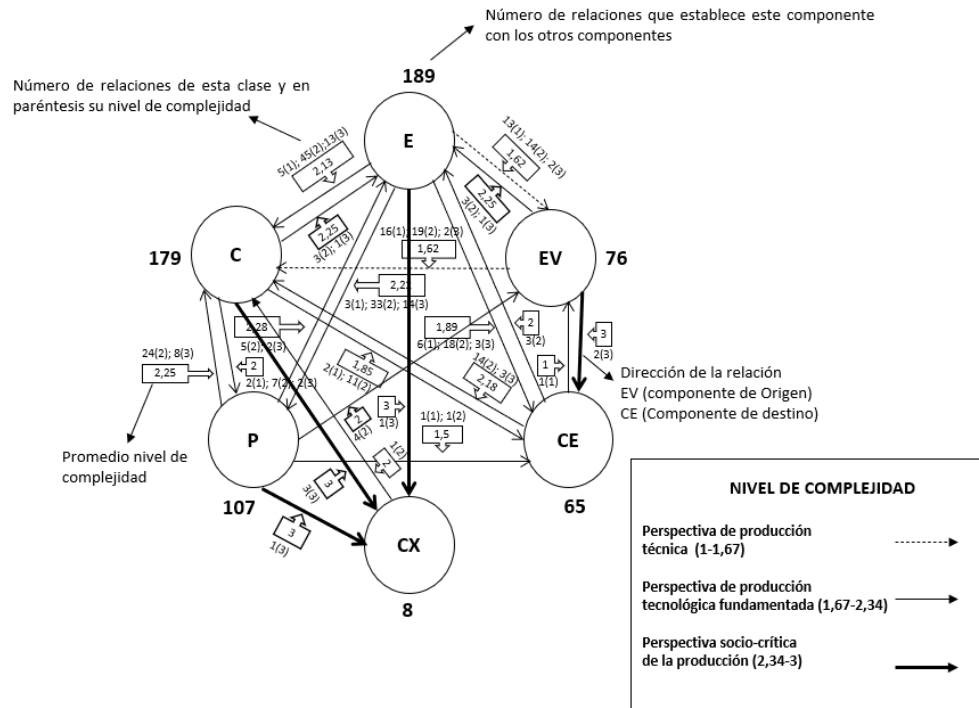
Se establece relación entre los Propósitos (P) y los Contenidos (C) de enseñanza, siendo (P) el componente de origen y (C) el de destino, dado que la profesora reitera que la intención de la clase radica en la comprensión del desarrollo de la biotecnología por parte de los estudiantes, lo cual constituye un contenido de enseñanza.

a) Valoración promedio de complejidad de relaciones y representación de menor a mayor complejidad: (---➤: perspectiva técnica, ➡: perspectiva tecnológica fundamentada, ➤: perspectiva sociocrítica).

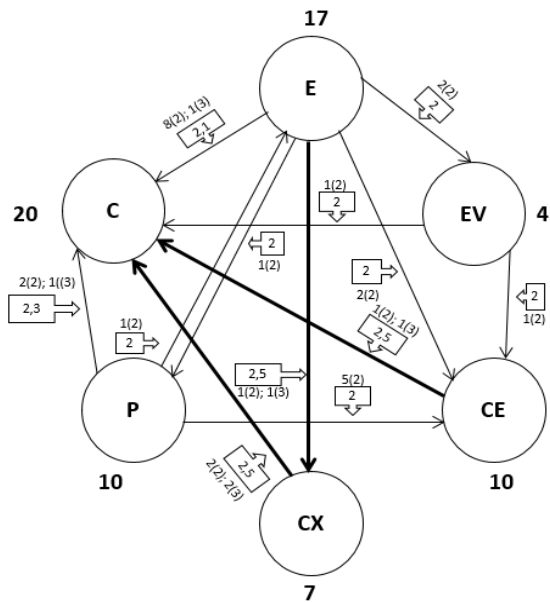
Figura 1

Mapas de representación del CDC de Alejandra

8. CDC en acción (consolidado a partir de CDC de 12 sesiones de clase)



9. CDC declarativo

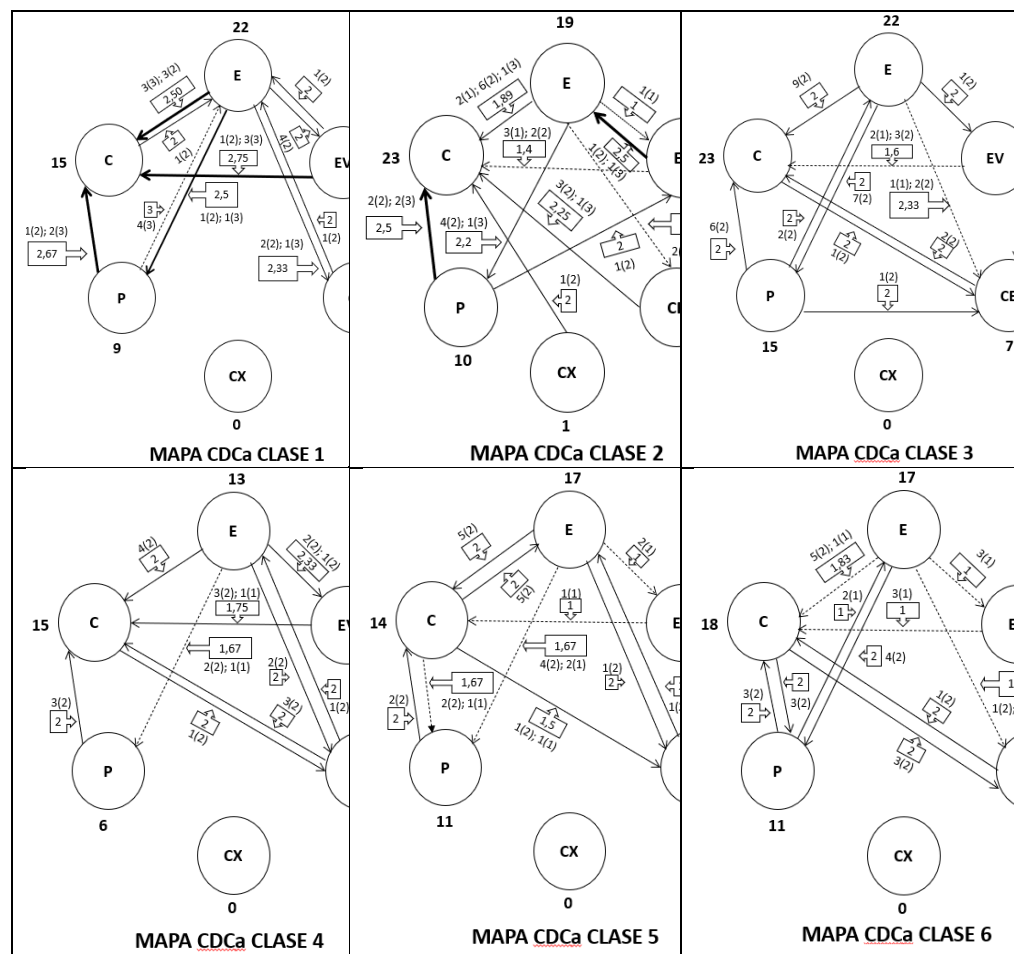


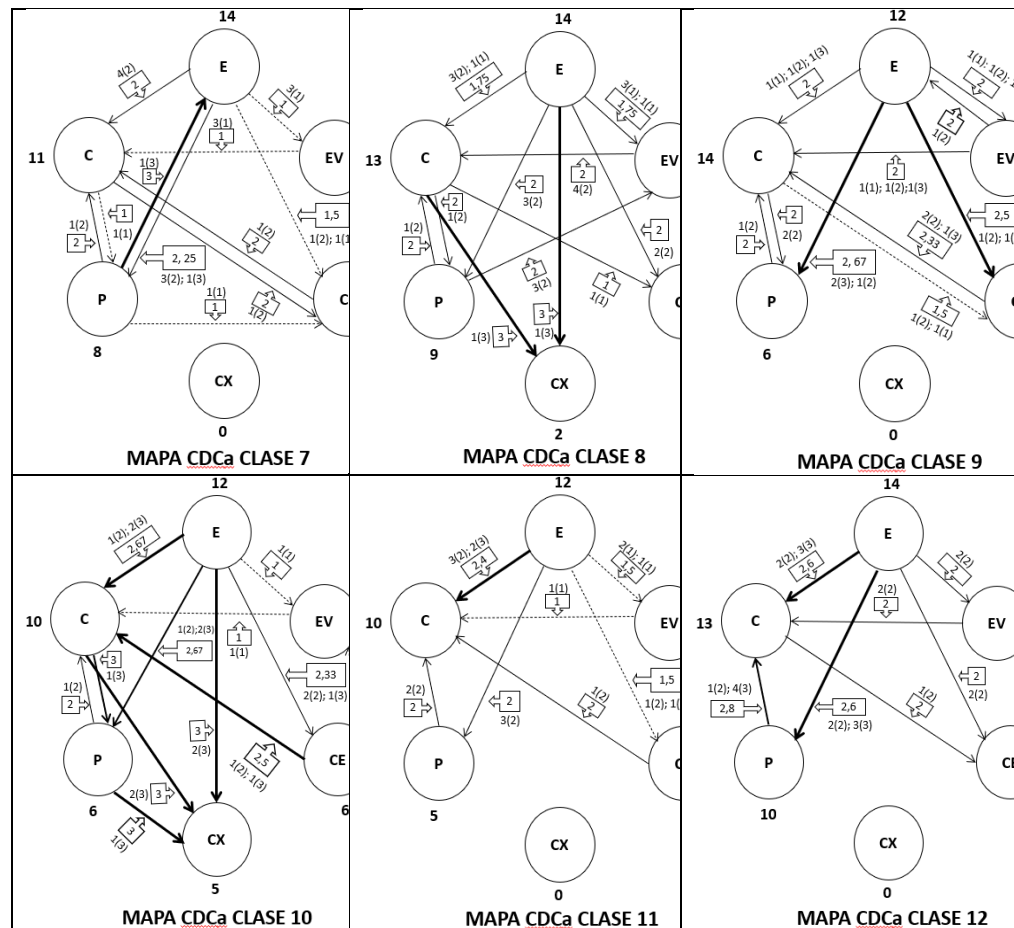
Nota. Adaptado de Espinel (2020).

En la Figura 2 se presentan los mapas del CDCa de las 12 clases, los cuales fueron la base para elaborar el CDCa consolidado (Figura 1). La mayoría de dichos mapas muestran dinamismo en las interacciones de los componentes del CDC, en todos los casos E y C son los componentes predominantes y con mayor cantidad de relaciones; en contraste, el CX es el menos frecuente. Interpretamos que el componente que más complejiza y dinamiza es E, lo cual está relacionado con la diversidad de estrategias desarrolladas durante la secuencia didáctica: conceptualización de la historia de la biotecnología, elaboración de línea de tiempo, conceptualización, prácticas de laboratorio, análisis de videos y debates sobre la fermentación.

Figura 2

Mapas de representación del CDC en acción de Alejandra de 12 sesiones de clase





Nota. Adaptado de Espinel (2020).

Al contrastar los mapas (Figura 1) se evidencia que, en contraste con el CDCd, el CDCa de Alejandra es dinámico y complejo, así los componentes se interrelacionan entre sí con los demás. Los componentes preponderantes y con mayor cantidad de relaciones del CDCd y del CDCa son E, C y P. En cuanto a la complejidad de las relaciones, se destacan los componentes C y CX; más adelante presentaremos la respectiva discusión.

10. Características de los componentes del CDC de la profesora Alejandra

Con base en el análisis de los resultados sintetizados en las Figuras 1 y 2, a continuación resaltamos las características de cada componente del CDC en cuanto a sus relaciones, complejidad y frecuencia.

11. La diversidad de estrategias de enseñanza (E) favorecen el dinamismo del CDC

En cuanto al CDCa, las E se configuran como un componente central, dado que establecen relaciones con los demás componentes del CDC. Cuando son componente de origen, las relaciones de mayor frecuencia se establecen con los Contenidos de enseñanza (20,1 %) y con los Propósitos de enseñanza (15,9 %), presentando en su mayoría una complejidad intermedia. Asimismo, cuando las E constituyen el componente de destino, establecen relaciones con los C, los P, el CX y la E, manteniendo un nivel de complejidad intermedio y frecuencias medias.

El conocimiento sobre las E se vuelve entonces un componente del CDCa que integra y articula los demás componentes. Lo anterior, dada la diversidad de estrategias implementadas en las 12 clases analizadas: líneas del tiempo sobre el desarrollo histórico de la biotecnología, V heurística sobre fermentación, prácticas de laboratorio, infografías sobre la clasificación de la biotecnología por colores, uso de TIC y textos de divulgación científica.

No obstante, el análisis detallado revela variaciones importantes en la complejidad de la relación E-C. En la sexta clase, dicha relación alcanza un nivel inicial, particularmente cuando la práctica de laboratorio se orienta hacia el seguimiento de instrucciones sin una profundización conceptual de los procedimientos. En las clases 2, 3, 4, 5, 7, 8 y 9 la complejidad de la relación E-C es intermedia (Figura 1), ya que las exposiciones de las líneas del tiempo sobre la historia de la biotecnología, la V heurística y las infografías sobre la clasificación de la biotecnología por colores son guiadas por ella y promueven la conceptualización y la participación de los estudiantes, aunque sin problematizar los contenidos ni establecer relaciones explícitas entre ciencia, tecnología y sociedad.

A diferencia de lo anterior, en los mapas de las clases 1, 10, 11 y 12 (Figura 1) las relaciones E-C alcanzan la complejidad de referencia, destacándose la perspectiva sociocrítica de Alejandra, orientada a la apropiación de contenidos sobre la naturaleza de la biotecnología y a la visualización de las implicaciones sociales de los procesos y productos biotecnológicos, entre ellos los biocombustibles y la biorremediación.

En el CDCd, el conocimiento sobre las E también ocupa un lugar articulador, presentando 17 relaciones en total. La relación Estrategias-Contenidos alcanza el porcentaje más alto (26,5 %) de las relaciones identificadas en el plano declarativo, lo que evidencia que la profesora reconoce explícitamente la centralidad de las E en el abordaje de los C.

Desde lo declarativo, Alejandra manifiesta emplear las estrategias no solo para trabajar los contenidos, sino también para evaluar, acceder al conocimiento de los estudiantes, establecer

propósitos de enseñanza e incorporar el contexto de la biotecnología al aula. Aunque estas relaciones presentan menor frecuencia y complejidad intermedia, la relación Estrategias–Contexto alcanza un nivel de complejidad de referencia, particularmente por el uso declarado de saberes culturales e indígenas como punto de partida para el desarrollo de contenidos específicos, como los relacionados con microorganismos.

El contraste entre ambos CDC permite identificar una convergencia fundamental: en ambos casos, el componente E se constituye en un eje integrador del CDCBT, lo que refleja, de acuerdo con Shulman (1987), la capacidad de la docente de representar y adaptar su conocimiento disciplinar a las habilidades e intereses de los estudiantes para así llevar al aula estrategias que les permitan construir el aprendizaje.

Este resultado confirma lo señalado por Magnusson et al. (1999) respecto a la centralidad de las estrategias en la enseñanza de las ciencias. Asimismo, estudios recientes destacan que el uso de diferentes estrategias de enseñanza potencia la construcción de un CDC más complejo y relacional (Espinell & Valbuena, 2018), con lo cual la práctica docente se fortalece cuando las estrategias trascienden lo técnico y alcanzan una perspectiva sociocrítica, vinculando los contenidos con implicaciones sociales de la biotecnología.

Nuestro análisis evidencia también que en el CDCd las E presentan una articulación más estable y explícitamente integrada del CDC, mientras que en el CDCa dicha articulación se materializa de forma diferenciada según las dinámicas de cada clase. Esta tensión no implica incoherencia, sino que pone de relieve la naturaleza dinámica y contextual del CDC, así como la complejidad inherente a la transición entre lo que se declara y lo que efectivamente se desarrolla en el aula.

12. En los contenidos de enseñanza (C) convergen la mayoría de las relaciones del CDC

Aunque en el CDCd el componente C se relaciona con los otros componentes, solamente lo hace como componente de destino, en contraste, en el CDCa las relaciones son dinámicas al ser bidireccionales (excepto con EV que es solo de destino) y con frecuencia alta con E, intermedia con P y EV, y baja con los demás componentes. La mayoría de las relaciones que establece C son de complejidad intermedia (perspectiva tecnológica), enfatizando en el desarrollo de habilidades procedimentales en prácticas de laboratorio, así como en elementos de conceptualización de las características de la BT, los hitos en su desarrollo, su clasificación y procesos metabólicos en procesos de la fermentación. En contraste, se destaca una complejidad del nivel de referencia con CE y CX, por ejemplo, en la clase 12 (Figura 2), al abordar la clasificación de la BT blanca, donde compara la biorremediación con el fracking

realizando un ejercicio crítico; asimismo, en la clasificación por colores de la BT (clase 8), hace reflexiones asociadas a la normatividad colombiana, cuando dice:

Ahora vamos a mirar otra, donde estos tipos de biotecnología tienen otro color, no es la única. Yo les voy a hacer las presentaciones de cada una de acuerdo con las investigaciones que se están realizando aquí en Colombia, y de acuerdo con la legislación nuestra.

Dadas las implicaciones sociopolíticas de los desarrollos biotecnológicos, es deseable que en la transformación didáctica de los contenidos de la BT se complejicen las comprensiones conceptuales de los procesos biológicos y tecnológicos, así como las habilidades procedimentales, trascendiendo a análisis críticos de las implicaciones socioambientales, políticas y éticas de la biotecnología (Espinell & Valbuena, 2018; González & Fonseca, 2024; Occelli et al., 2014), tal y como lo propone Espinell (2020) en la hipótesis de progresión de los contenidos de la enseñanza de la BT.

Cabe subrayar que para Alejandra es importante desarrollar aspectos epistemológicos de la biotecnología:

Claro que sí, yo considero que es importante que ellos sepan de dónde viene eso, que eso no es actual, que eso es de siglos, que eso lo practicaba la gente hace mucho tiempo atrás, entonces, yo sí tengo en cuenta aspectos históricos y epistemológicos [...] si yo voy a hablar de un proceso de fermentación pues es importante que él vea que el proceso de fermentación del pan o del vino viene desde los egipcios.

En la práctica dedica dos de las doce sesiones a trabajar elementos específicos de la naturaleza epistemológica y aspectos sociológicos e históricos de la biotecnología, particularidades en su producción, tipos de productos biotecnológicos, así como implicaciones políticas. Además, en varias de las otras diez sesiones realiza reflexiones de orden filosófico e ideológico al plantear discusiones de los desarrollos biotecnológicos, como en los ejemplos utilizados para explicar la clasificación de la biotecnología por colores.

13. Los propósitos de enseñanza (P) articulados con los contenidos de enseñanza (C)

En el CDCa el componente P establece un total de 107 relaciones, lo que evidencia su papel estructurante en la integración de los demás componentes del CDC. La relación más frecuente es con C. Mayoritariamente (clases 3 a 12), dicha relación presenta una complejidad intermedia, orientándose principalmente al desarrollo de habilidades como el trabajo en grupo, la comprensión lectora y el seguimiento de protocolos, junto con la apropiación de conceptos

de bioquímica y biología vinculados a la biotecnología. Sin embargo, en las clases 1 y 2, la relación con el nivel de complejidad es de referencia, buscando explícitamente la comprensión de aspectos históricos y epistemológicos de la biotecnología mediante la identificación de hitos y la construcción de una línea del tiempo.

Las relaciones entre P y E presentan alta frecuencia: Alejandra explicita de manera sistemática los propósitos en sus clases y los articula directamente con las estrategias implementadas. Las relaciones con C (complejidad inicial), EV (complejidad intermedia) y CX (complejidad de referencia) tienen menor frecuencia, pero evidencian que los propósitos contribuyen a la articulación global del CDC en acción, particularmente cuando incorporan dimensiones contextuales trascendiendo lo estrictamente conceptual.

Es de subrayar que este componente dinamiza y complejiza el CDC de Alejandra, lo cual repercute en favorecer los ejercicios metacognitivos de su práctica y el aprendizaje en sus estudiantes al hacer explícito lo que se pretende en el aula. En ese sentido, nos identificamos con planteamientos como los de Magnusson et al. (1999) y Park y Oliver (2008) al considerar relevante la explicitación de las orientaciones de la enseñanza en los profesores para identificar sus fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora.

En contraste, en el CDCd este componente presenta tan solo 10 relaciones, distribuidas en cuatro tipos: una como componente de destino (con E, complejidad intermedia y frecuencia baja) y tres como componente de origen (con C, CE y E), todas con complejidad intermedia y frecuencias que oscilan entre media y baja.

En lo declarativo, los propósitos formulados por Alejandra se orientan predominantemente hacia la formación de los estudiantes para su continuidad en la educación superior, su inscripción en carreras técnicas o tecnológicas o su proyección hacia el campo laboral desde el emprendimiento basado en aplicaciones de la biotecnología, con lo cual la complejidad promedio de las relaciones, de acuerdo con Espinel (2020), es intermedia. No obstante, se identifica una relación P – C con complejidad de referencia, con la intención de rescatar conocimientos ancestrales e indígenas vinculados a aplicaciones biotecnológicas en salud, alimentación y agricultura, integrando así contenidos de carácter epistemológico y cultural en sus propósitos formativos. Sin embargo, al coexistir con otras relaciones de complejidad intermedia, el promedio general permanece en este nivel.

En síntesis, si bien existe coherencia general entre lo que Alejandra declara y lo que hace en su práctica, el CDCa presenta una mayor riqueza relacional y una integración más dinámica de los propósitos en la estructura global del CDC.

14. El conocimiento de los estudiantes (CE) más evidente en el CDCa

En el CDCa el componente CE establece un total de 65 relaciones, lo que indica que, aunque no es el más frecuente dentro de la estructura de este CDC, sí desempeña un papel significativo en su configuración. De manera general, en todas las clases observadas se evidencia participación de los estudiantes, principalmente a través de la realización de las actividades propuestas y en las discusiones en grupo, dentro de un ambiente respetuoso, lo cual sugiere que la profesora promueve dinámicas colaborativas que favorecen la interacción y el intercambio de ideas.

Sin embargo, el análisis de la complejidad de las relaciones muestra variaciones importantes. En algunas clases, como la clase 3, la relación entre E y CE de los estudiantes presenta complejidad inicial dado que, aunque la profesora indaga por saberes previos relacionados con la fermentación, estos no son profundizados ni articulados con procesos biotecnológicos más amplios, como la producción del café. En otras clases, como la clase 4, la complejidad es intermedia: mediante preguntas orientadas a la construcción de un mapa conceptual sobre fermentación, la docente explora los conocimientos previos de los estudiantes con la intención de sustituirlos por conceptos considerados científicamente correctos. En este caso, si bien el conocimiento previo de los estudiantes es reconocido, no se observa un proceso sistemático de enriquecimiento o evolución conceptual.

No obstante, se identifican momentos de mayor complejidad, como en la clase 9, donde la relación alcanza un nivel de referencia. En este caso, Alejandra promueve un debate moderado por ella, en el que las intervenciones de los estudiantes —sus posiciones y argumentos— son incorporadas a la discusión sobre la estructura de los seres vivos, con el propósito de complejizar sus ideas previas. Aquí el conocimiento del estudiante no solo es explorado, sino que se convierte en insumo para la construcción colectiva de conceptos.

Cabe señalar que Alejandra manifiesta preocupación por algunos estudiantes, especialmente aquellos que presentan indisciplina o desatención, alentándolos constantemente a participar activamente. Aunque esta acción no siempre se configura como una relación explícita entre componentes del CDC, sí evidencia una dimensión formativa que trasciende la enseñanza de contenidos y se orienta al acompañamiento personal y actitudinal.

En contraste, en el CDCd el componente CE establece 10 relaciones con cuatro componentes (C, E, P y EV), lo que permite interpretarlo como un elemento articulador dentro de la estructura de este CDC. La relación C–CE presenta complejidad de referencia, dado que la profesora declara reconocer la existencia de ideas y conocimientos previos sobre la BT —como su definición y los campos implicados— y afirma que estos, junto con los intereses de los

estudiantes constituyen un referente continuo del proceso de enseñanza. En este plano, no se propone la sustitución de las ideas previas, sino su evolución y enriquecimiento.

El CE es más visible en el CDCa, dado que se manifiesta en la interacción directa con las concepciones, intereses y dificultades de los estudiantes. En el caso de Alejandra, las estrategias implementadas permitieron acceder al conocimiento previo de los estudiantes y articularlo con los contenidos, lo que coincide con lo planteado por Abell (2013) sobre la importancia de la interacción entre componentes para valorar la calidad del CDC. Investigaciones en el contexto colombiano también han resaltado que reconocer las ideas de los estudiantes favorece la construcción de un CDC más dinámico y transformador (Amórtegui & Mosquera, 2018; Montoya & Arroyave, 2021). Así, el CE se convierte en un elemento que complejiza la práctica docente, especialmente cuando se vincula con cuestiones sociocientíficas que demandan argumentación y toma de decisiones informadas.

15. La evaluación de los aprendizajes (EV): débil componente del CDC

En el CDCd, EV es el componente menos frecuente con tan solo 4 relaciones, establecidas con tres componentes (E, C, y CE) de manera unidireccional y con nivel de complejidad intermedia (perspectiva tecnológica fundamentada) (Figura 1, Tabla 1).

En contraste, EV presenta mayor dinamismo en el CDCa, con un total de 76 relaciones con la mayoría de los componentes (excepto con CX), con una frecuencia intermedia con C y con E y baja en los otros casos; las relaciones que establece son bidireccionales con E y con CE y unidireccional con C y con P; dichas relaciones en su mayoría tienen un nivel inicial de complejidad (perspectiva técnica) (Figura 1, Tabla 1), representado por preguntas cerradas referentes a información básica. EV solamente establece relaciones de complejidad de referencia (sociocrítica) con el componente CE en las clases 1 y 9 (Figura 2), en las que evalúa mediante preguntas abiertas e integra (con mediación de discusiones) al desarrollo de las actividades los conocimientos de los estudiantes sobre la BT.

La escasa presencia de EV coincide con lo señalado por Campos y Torres (2025), quienes advierten que medir el CDC es complejo y que, aunque la evaluación es parte del proceso de enseñanza, suele ser un componente débil dentro del CDC, ya que no siempre se integra de manera sólida con los demás componentes. La débil presencia de este componente sugiere un área de mejora sustantiva para la formación docente en biotecnología.

16. El conocimiento del contexto (CX) promueve la complejización de relaciones del CDC

Pese a las pocas relaciones establecidas por el componente CX (tan solo 7 en el CDCd y 8 en el CDCa, esto con E, C y P), mayoritariamente poseen un nivel de complejidad de referencia (perspectiva sociocrítica) (Figura 1, Tabla 1). Consideramos que esta es una característica dinamizadora del CDC de Alejandra, por cuanto aporta a complejizar los contenidos y estrategias implementadas al establecer puentes con situaciones cercanas a las realidades socioculturales y económicas en las que viven los estudiantes, lo cual contribuye a problematizar las implicaciones sociales y éticas de la biotecnología. Esto se evidenció, por ejemplo, en la clase 10, donde planteó una discusión alrededor de la desigualdad social y las regulaciones éticas en la producción de biocombustible:

¿Qué ha pasado con el azúcar? Que subió el precio de manera impresionante..., entonces, ¿qué hicieron? Como a las grandes productoras de azúcar les conviene más vender y les pagan un poco mejor, pues venden la caña de azúcar a los productores de bioetanol. Entonces, eso económicamente no significa equidad.

También fue evidente al referirse a la biorremediación como alternativa al problema de la contaminación con crudo por la voladura de oleoductos en Colombia por parte de grupos armados ilegales (clase 12). El CX facilita en la práctica de la profesora integrar diferentes contenidos (producción industrial de biocombustibles, procesos bioquímicos de la fermentación, ética ambiental, e implicaciones de la BT). Igualmente, en el CDCa la complejidad del CX corresponde al nivel de referencia, así Alejandra explicita su postura sociocrítica frente al uso de la BT para lo cual dice que en su práctica presenta situaciones propias de la sociedad en las que la BT tienen un impacto; esto, contextualizado en hechos y fenómenos sociales y culturales de Colombia, en sectores como la salud, la alimentación y la producción de energía.

Los resultados nos llevan a considerar al CX como un componente del CDC, en contraste con modelos como los de Shulman (1987), Grossman (1990), Magnusson et al. (1999) y Park & Oliver (2008).

17. Conclusiones

Los mapas de representación del CDC de BT conformados por las frecuencias de relaciones entre componentes, su direccionalidad y complejidad, permitieron describir y analizar los conocimientos de la profesora tanto en lo declarativo como en la acción. Asimismo, posibilitaron la reflexión de la práctica pedagógica y didáctica en la enseñanza de la BT.

Las hipótesis de progresión de los diferentes componentes del CDC permiten representar la complejidad de las relaciones entre componentes y en su conjunto del CDC.

El componente estrategias de enseñanza constituye el eje articulador de ambos CDCBT, al establecer la mayor cantidad de relaciones con los contenidos y los propósitos de enseñanza. Este hallazgo resalta el papel central de las decisiones didácticas en la transformación del conocimiento biotecnológico para su enseñanza en el aula.

El conocimiento del contexto, aunque poco frecuente, alcanza altos niveles de complejidad cuando es movilizado, al permitir la problematización de la BT desde una perspectiva sociocrítica y su vinculación con cuestiones sociocientíficas relevantes para los estudiantes. Por su parte, el conocimiento de los estudiantes se manifiesta en el reconocimiento de ideas previas y en la promoción de la participación, aunque con oportunidades de mayor profundización conceptual y crítica.

El contraste entre el CDCd y el CDCa pone de manifiesto que el CDCBT se construye y reconstruye en la práctica docente, influido por la experiencia profesional, la trayectoria formativa y la reflexión sobre la enseñanza.

Los resultados de la investigación aportan elementos relevantes para la formación inicial y continua del profesorado, al destacar la importancia de identificar los componentes del conocimiento del profesor que enseña biotecnología y sus interrelaciones, así como su complejidad, lo cual puede facilitar la reflexión de la práctica pedagógica y didáctica. Así, la descripción de representación del CDCBT mediante mapas puede facilitar la comprensión, análisis crítico, toma de decisiones y autorregulación respecto a la significancia y secuenciación de los contenidos, y la pertinencia de las estrategias y propósitos de enseñanza acorde con las realidades y necesidades de los estudiantes y del contexto.

18. Agradecimientos

Expresamos nuestros sinceros agradecimientos a la profesora Dora Ocampo Rozo y a la institución educativa donde desarrollamos la investigación por abrirnos las puertas de sus aulas y por las enseñanzas construidas durante la pesquisa.

19. Referencias

- Abell, S. K. (2013). Research on science teacher knowledge. En S. K. Abell, & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 1105-1149). Routledge.
- Amórtegui, E., & Mosquera, J. (2018). Aportaciones de la práctica pedagógica en la construcción del conocimiento del profesor. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (43), 47-65. <https://doi.org/10.17227/ted.num43-8651>
- Ander-Egg, E. (1995). *Técnicas de Investigación Social*. Lumen.
- Aydin, S., & Yezdan, B. (2013). The nature of integration among PCK components: a case study of two experienced chemistry teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 615-624. <https://doi.org/10.1039/C3RP00095H>
- Briones, G. (2001). *Metodología de la investigación cualitativa*. Centro Iberoamericano de Educación a Distancia CIEDUS, Universidad de Chile.
- Campos, M., & Torres, A. (2025). Conocimiento didáctico del contenido, un constructo conceptual relevante en la enseñanza de las ciencias básicas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 314-330. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-21990>
- Cardozo, E., Quintana, S., Rojas, C., & Fernández, D. (2024). Building bio-innovation systems through advanced biotechnology education. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 12, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1415103>
- Duarte, J., & Valbuena, E. (2024). Conocimiento didáctico del contenido de educación ambiental de una profesora en el contexto escolar. *Praxis*, 20(1), 13-31. <https://doi.org/10.21676/23897856.3871>
- Dueñas, A. (2019). *El Conocimiento Didáctico del Contenido de la alimentación y la nutrición humana en profesores de Bogotá* [Tesis doctoral, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/11372>
- Dueñas, A., Valbuena, E., Ravanal, E., & Rincón, M. (2016). Mapeo del conocimiento didáctico del contenido de la alimentación y la nutrición humana de una profesora de secundaria. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (número extraordinario), 238-245.

- Espinel, N. (2015). Enseñanza de la biotecnología en América Latina. Revisión de antecedentes. *Bio-grafía*, 8(15), 1318-1331.
<https://doi.org/10.17227/20271034.vol.0num.0bio-grafia1318.1331>
- Espinel, N. (2020). Conocimientos sobre la Biotecnología y didáctico del contenido de dos profesores de Bogotá: un estudio de caso múltiple [Tesis doctoral, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio institucional.
<http://hdl.handle.net/20.500.12209/12619>
- Espinel, N., & Valbuena, E. (2018). Aproximación al estatus epistemológico de la Biotecnología: implicaciones didácticas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 43, 193-206.
<https://doi.org/10.17227/ted.num43-8658>
- García, T. (2021). El debate bioético de la edición genética. En M. Bermúdez (Coord.), *Luces en el camino: filosofía y ciencias sociales en tiempos de desconcierto* (pp. 2171-2195). Dykison.
- Garritz, A., Daza, S., & Lorenzo, M. (2014). ¿Transposición didáctica o conocimiento didáctico del contenido o conocimiento pedagógico del contenido? “A rose by any other name”. Un recuerdo de Sandy Abell. En A. Garritz (Ed.), *Conocimiento Didáctico del Contenido: una perspectiva Iberoamericana* (pp. 4-22). Editorial Académica Española. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(15\)72101-4](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(15)72101-4)
- Gess-Newsome, J. (2015). *A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit*. En A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 28-42). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315735665-8>
- Gómez-Daza, S., Fúquene-Bárcenas, J., Hernández-Manosalva, A., & Triana-Luengas, E. (2024). Conocimiento didáctico del contenido de la biotecnología en maestros colombianos y sus tendencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (55), 63-82.
<https://doi.org/10.17227/ted.num55-17442>
- González, S., & Fonseca, M. (2024). Teaching biotechnology in high school education: A systematic literature review. *Education Sciences*, 14(2), Art. 123.

Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. Teachers College Press.

Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169-204.
<https://doi.org/10.1080/03057260903142285>

Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido. Teoría y práctica*. Paidós.

Loughran, J., Milroy, P., Berry, A., Gunstone, R., & Mulhall, P. (2001). Documenting science teachers' pedagogical content knowledge through PaP-eRs. *Research in Science Education*, 31(2), 289-307. <https://doi.org/10.1023/A:1013124409567>

Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome, & N. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education* (pp. 95-132). Kluwer Academic Publishers.
https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4

Marcelo, C. (1992). ¿Cómo conocen los profesores la materia que enseñan? Algunas contribuciones de la investigación sobre conocimiento didáctico del contenido. Ponencia presentada al Congreso Internacional Las didácticas específicas en la formación del profesorado (Santiago de Compostela, 6-10 julio 1992).

Martínez, C., & Martínez, V. (2012). El conocimiento escolar y las Hipótesis de Progresión: algunos fundamentos y desarrollos. *Nodos y nudos*, 4(32), 50-64.
<https://doi.org/10.17227/01224328.1799>

Montoya, N., & Arroyave, D. (2021). Conocimiento didáctico del contenido. Una revisión sistemática exploratoria. *Boletín Redipe*, 10(8), 55-71.
<https://doi.org/10.36260/rbr.v10i8.1384>

Occelli, M., García, L., Gardenal, C., & Valeiras, N. (2014). Los organismos transgénicos y su lugar en el aula de secundaria: Un estudio en la ciudad de Córdoba (Argentina). En M. A. De las Heras (Coord.), *Investigación y transferencia para una educación en ciencias: un reto emocionante* (pp. 677-684). Universidad de Huelva Publicaciones.

- Padilla, K., & Van Driel, J. (2011). The relationships between PCK components: the case of quantum chemistry professors. *Chemistry Education Research and Practice*, 12, 367-378. <https://doi.org/10.1039/C1RP90043A>
- Park, S., & Chen, Y. (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., & Oliver, J. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38, 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*. Diada.
- Porlán, R., & Rivero, A. (2003). La naturaleza y organización del conocimiento profesional “deseable” del profesorado. *Publicación resultado parcial del Proyecto PB97-0737 financiado por la CICYT*. Universidad de Sevilla.
- Ravanal, E., & López-Cortés, F. (2016). Mapa del conocimiento didáctico y modelo didáctico en profesionales del área biológica sobre el contenido de 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
- Reyes, J., & Martínez, C. (2013). Una Hipótesis de Progresión sobre el Conocimiento Didáctico del Contenido respecto a las actividades de enseñanza asociadas al campo eléctrico. En C. Martínez, & E. Valbuena (Comp.), *Conocimiento profesional del profesor de ciencias de primaria y conocimiento escolar* (pp. 179-199). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Roa, R., García, Y., & Chavarro, C. (2008). Formación de profesores de Biología a través de la Biotecnología. *Educación y Educadores*, 11(2), 69-88.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>

- Valbuena, E. (2011). Hipótesis de progresión del conocimiento biológico y del conocimiento didáctico del contenido biológico. Parte I: referentes teóricos. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 30, 30-52. <https://doi.org/10.17227/ted.num30-1097>
- Walker, W. (2022). Una síntesis crítica mínima de las aportaciones de los paradigmas interpretativo y sociocrítico a la investigación educacional. *Enfoques*, 34(2), 13-33. <https://doi.org/10.56487/enfoques.v34i2.1058>