



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**CONTRIBUCIONES DEL ANDAMIAJE A LA
CONCEPTUALIZACIÓN DEL PCK AL ESTUDIAR LA ACCIÓN
DOCENTE DE CUATRO PROFESORES DE CIENCIAS DE
EDUCACIÓN SUPERIOR**

Wilson Javier Parra Angarita

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Medellín, Colombia

2019



CONTRIBUCIONES DEL ANDAMIAJE A LA CONCEPTUALIZACIÓN DEL PCK AL
ESTUDIAR LA ACCIÓN DOCENTE DE CUATRO PROFESORES DE CIENCIAS DE
EDUCACIÓN SUPERIOR

Wilson Javier Parra Angarita

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Doctor en Educación

Asesores (a):

Dra. Fanny Angulo Delgado

Dr. Carlos Arturo Soto Lombana

Línea de Investigación:

Educación en Ciencias Naturales

Grupo de Investigación:

Grupo de Educación en Ciencias Experimentales y Matemáticas - GECEM

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Medellín, Colombia

2019.

Dedicatoria

A mi madre, a mi padre, a mi hermana, a Karol, a mis amigos: Alex, Dayana, Héctor y Ana María. A todas las personas que estuvieron presentes en este caminar. Este logro no es sólo mío, sino de cada uno de ustedes. Gracias por estar ahí.

"El significado de una obra está contenido en sí misma, no en sus interpretaciones" (Morales, 2018)

AGRADECIMIENTOS

A Colciencias por concederme la beca-crédito condonable otorgada en la convocatoria 727 para doctorados nacionales del 1 de enero del 2016 al 31 de diciembre de 2018.

Al Comité de Doctorado de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, por brindarme las condiciones necesarias para realizar este proceso formativo y por el apoyo económico para asistir a eventos académicos dentro y fuera del país.

A la Dra. Fanny Angulo Delgado y al Dr. Carlos Soto Lombana, por su acompañamiento, confianza, voluntad, disponibilidad humana y académica.

A la Dra. Adriana Maria Soto por proporcionarme material parcial de su tesis doctoral para profundizar en los aspectos del andamiaje de su profesora participante.

A los profesores participantes por hacer posible esta investigación, por su disposición para el desarrollo de este estudio cuando se requirió.

A la Dra. Kira Padilla Martínez por brindarme la oportunidad de realizar la pasantía en su grupo de investigación, perteneciente a la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, obteniendo valiosos aportes para esta investigación.

A la Dra. Janeke van de Pol de la Universidad de Ámsterdam, que permitió reproducir con permiso para incluir, en esta tesis y en los artículos sometidos, la discusión de su modelo conceptual del andamiaje., “van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher-student interaction: A decade of research” (p.273-275). *Educational Psychology Review*, <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9127-6>, Copyright © 2010 Springer US.

A la Dra. Soonhye Park perteneciente al North Carolina State University, que permitió reproducir con permiso para incluir, en esta tesis y en los artículos sometidos, la discusión de su modelo conceptual de PCK., “National Board Certification (NBC) as a Catalyst for Teachers’ Learning about Teaching: The Effects of the NBC Process on Candidate Teachers’ PCK Development. (*Journal Research Science Teaching* (2008)

45(7), 812–834. doi.org/10.1002/tea.20234). Específicamente en este artículo la Figura 1. Pentagon model of pedagogical content knowledge for science teaching (p. 815).

Al Grupo de Educación en Ciencias Experimentales y Matemáticas (GECEM), por apoyarme con la orientación del trabajo doctoral permanentemente.

Al comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI) de la Universidad de Antioquia por el apoyo económico brindado mediante la Convocatoria de Proyectos de Investigación de Permanencia con Equidad 2017.

Finalmente, doy gracias a mi familia por su amor incondicional y presencia, siendo el motor para culminar con este logro de vida.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES.....	8
1.1 Andamiaje en enseñanza de las ciencias: una discusión desde los hallazgos actuales....	8
1.2 Revisión de investigaciones sobre el PCK en Enseñanza de las Ciencias. Direcciones actuales y futuras.....	38
CAPÍTULO 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS.....	67
2.1 Planteamiento del problema.....	67
2.2 Objetivos de investigación.....	74
2.2.1 Objetivo general.....	74
2.2.2 Objetivos específicos.....	74
CAPÍTULO 3. REFERENTES CONCEPTUALES.....	75
3.1 Perspectiva Histórico Cultural.....	75
3.2 El concepto de andamiaje.....	77
3.3 Zona de Desarrollo Próximo.....	79
3.4 La enseñanza contingente como característica clave del andamiaje.....	80
3.5 Intenciones y medios de andamiaje.....	82
3.6 Teoría de Situaciones Didácticas: un marco para la construcción de conocimiento en la enseñanza de las ciencias naturales.....	82
3.7 Teoría de la Acción Didáctica Conjunta: el profesor como instancia concreta.....	85
3.8 Conocimiento Pedagógico del Contenido (Pedagogical Content Knowledge).....	88
3.9 Investigación sobre la interacción entre los componentes del PCK.....	91
CAPÍTULO 4. MARCO METODOLÓGICO.....	97
4.1 Paradigma de investigación y enfoque.....	97
4.2 Dispositivo metodológico: la clínica didáctica.....	98
4.3 Participantes y contexto.....	102
4.4 Métodos de recolección de información.....	104
4.4.1 Observación de clase.....	104
4.4.2 Dispositivo técnico: videoscopía y audioscopía.....	105

4.4.3 Sinopsis.....	105
4.4.4 Entrevista de autoconfrontación.....	106
4.4.5 La entrevista.....	107
4.4.6 La Representación del Contenido (ReCo).....	108
4.4.7 Transcripción.....	108
4.5 Sistematización de información y análisis.....	109
4.6 Consideraciones éticas.....	110
CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	111
5.1 Patrones de Enseñanza Contingente en la Interacción Profesor-Estudiante en una Clase de Ciencias en educación superior.....	111
5.1.1 El caso de la profesora Teresa.....	111
5.1.2 El caso de la profesora Angela y el profesor Sergio.....	115
5.1.2.1 El caso de la profesora Angela.....	119
5.1.2.2 El caso del profesor Sergio.....	125
5.2 El Vínculo del Andamiaje en la Caracterización del PCK en Educación Superior. Estudio de Caso de Tres Profesores de Ciencias.....	131
5.2.1 El caso de la profesora Angela.....	137
5.2.2 El caso del profesor Sergio.....	152
5.2.3 El caso del profesor Fernando.....	170
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES.....	201
6.1 Conclusión respecto al objetivo general.....	201
6.2 Conclusiones respecto a los objetivos específicos.....	203
6.3 Recomendaciones para estudios futuros.....	212
REFERENCIAS.....	216
ANEXOS.....	237
Anexo 1. Consentimiento informado de participantes.....	237
Anexo 2. Transcripciones entrevistas semiestructuradas.....	239
a. Entrevista a la profesora Angela.....	239
b. Entrevista al profesor Sergio.....	241
c. Entrevista al profesor Fernando.....	241
Anexo 3. Transcripciones del instrumento Representación del Contenido (ReCo).....	243

Tabla 1. ReCo de la profesora Angela.....	243
Tabla 2. ReCo del profesor Sergio.....	249
Tabla 3. ReCo del profesor Fernando.....	258
Anexo 4. Transcripciones de episodios de clase.....	265
Tabla 4. Transcripción de los episodios de clase seleccionados de la profesora Angela.....	265
Tabla 5. Transcripción de los episodios de clase seleccionados del profesor Sergio.....	279
Tabla 6. Transcripción de los episodios de clase seleccionados del profesor Fernando.....	307
Anexo 5. Transcripciones entrevistas autoconfrontación.....	328
Transcripción entrevista autoconfrontación de la profesora Angela.....	328
Transcripción entrevista autoconfrontación del profesor Sergio.....	332
Transcripción entrevista autoconfrontación del profesor Fernando.....	336
Anexo 6. Instrumento concepciones enseñanza, aprendizaje y evaluación.....	340
Anexo 7. Certificaciones de eventos académicos, publicaciones, proyectos/otros.....	346

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de análisis de estudios reportados en la revisión de literatura.....	15
Tabla 2. Revistas seleccionadas en la revisión de literatura.....	41
Tabla 3. Instrumentos empleados para documentar el PCK de profesores de ciencias.....	52
Tabla 4. Tópicos de interés en el campo de investigación del PCK.....	58
Tabla 5. Marco de análisis para la intención y los medios del andamiaje.....	82
Tabla 6. Estudios que muestran relaciones entre los componentes del PCK.....	91
Tabla 7. Orientación metodológica mostrada en la figura 4 respecto a la fase 1.....	101
Tabla 8. Orientación metodológica mostrada en la figura 4 respecto a la fase 2.....	101
Tabla 9. Orientación metodológica mostrada en la figura 4 respecto a la fase 3.....	102
Tabla 10. Orientación metodológica mostrada en la figura 4 respecto a la fase 4.....	102
Tabla 11. Características de los participantes de la investigación.....	103
Tabla 12. Perfil de los profesores participantes.....	103
Tabla 13. Ejemplo de sinopsis de un episodio de clase filmado.....	106
Tabla 14. Interacción contingente en clase de química.....	112
Tabla 15. Descripción de intenciones de andamiaje a partir de los datos de tabla 14.....	113
Tabla 16. Categorías de concepciones sobre enseñanza, aprendizaje y evaluación en términos de los elementos del andamiaje.....	120
Tabla 17. Perfil de los profesores participantes.....	132
Tabla 18. Criterios de elementos del andamiaje para su evidencia, a partir de van de Pol et al (2010).....	136
Tabla 19. Configuración de grupo de clase de la profesora Angela.....	137
Tabla 20. Ejemplo de análisis de profundidad para establecer el mapa de PCK de la profesora Angela.....	139
Tabla 21. Relación de componentes del PCK a partir del ReCo.....	141

Tabla 22. Episodios y la relación con el elemento del andamiaje.....	142
Tabla 23. Configuración de grupo de clase del profesor Sergio.....	152
Tabla 24. Ejemplo de análisis de profundidad para establecer el mapa de PCK del profesor Sergio.....	154
Tabla 25. Relación de componentes del PCK a partir del ReCo.....	156
Tabla 26. Episodios y la relación con el elemento del andamiaje.....	158
Tabla 27. Configuración de grupo de clase del profesor Fernando.....	171
Tabla 28. Ejemplo de análisis de profundidad para establecer el mapa de PCK del profesor Fernando.....	173
Tabla 29. Relación de componentes del PCK a partir del ReCo.....	174
Tabla 30. Episodios y la relación con el elemento del andamiaje.....	177
Tabla 31. Clasificación de orientaciones de enseñanza de las ciencias.....	189
Tabla 32. Fragmento de episodio el cual relaciona el CCTx con CCE.....	197

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relación de los tipos de andamiaje presentes en la investigación actual.....	17
Figura 2. Modelo pentagonal de PCK para la enseñanza de las ciencias. (Park y Oliver, 2008b).....	46
Figura 3. Modelo de conocimiento profesional del profesor y habilidad incluyendo el PCK y las influencias sobre la práctica de aula y los resultados de los estudiantes.....	64
Figura 4. Modelo conceptual de andamiaje (van de Pol, Volman y Beishuizen, 2010 p. 4).....	78
Figura 5. Zona de desarrollo próximo centrada en la enseñanza. Adaptada de Wilson (2008).....	80
Figura 6. Fases observables de enseñanza contingente (van de Pol et al, 2011).....	81
Figura 7. Modelo pentagonal del PCK para la enseñanza de las ciencias. (Park y Oliver, 2008b).....	89
Figura 8. Esquema general de fases de investigación. Fuente: elaboración propia.....	101
Figura 9. Concepciones sobre enseñanza, aprendizaje y evaluación del caso Angela.....	121
Figura 10. Configuración de respuestas de Angela durante la entrevista, siguiendo el modelo de Ruiz- Primo y Furtak (2007).....	122
Figura 11. Episodio cognitivo de clase de Algebra. Tema potenciación para estudiantes de primer semestre de Ingeniería.....	123
Figura 12. Episodio metacognitivo-afectivo de clase de Algebra. Tema potenciación para estudiantes de primer semestre de Ingeniería.....	124

Figura 13. Concepciones sobre enseñanza, aprendizaje y evaluación del caso de Sergio.....	126
Figura 14. Configuración de respuestas de Sergio durante la entrevista, siguiendo el modelo de Ruiz- Primo y Furtak (2007).....	127
Figura 15. Episodio cognitivo de clase de Sistemas Químicos III. Tema: Importancia de los cálculos en química analítica, para estudiantes de tercer semestre de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental.....	129
Figura 16. Mapa del PCK de la profesora Angela para los episodios de potenciación. La punta de flecha indica la direccionalidad de la conexión. En círculos están señalados los respectivos componentes del PCK.....	138
Figura 17. Mapa del PCK del profesor Sergio para los episodios de reacciones ácido-base. La punta de flecha indica la direccionalidad de la conexión. En círculos están señalados los respectivos componentes del PCK.....	153
Figura 18. Mapa del PCK del profesor Fernando para los episodios de derivación genética. La punta de flecha indica la direccionalidad de la conexión. En círculos están señalados los respectivos componentes del PCK.....	172

RESUMEN

Esta tesis doctoral propone el análisis de una serie de datos obtenidos a través de los siguientes instrumentos: un cuestionario de preguntas abiertas denominado Representación del Contenido (ReCo), observaciones de clase y entrevistas de autoconfrontación; con el fin de generar el mapa del PCK de tres profesores experimentados de educación superior de las áreas de biología, química y matemáticas; cuyas secuencias de enseñanza constituyen los tópicos de variación genética, reacciones ácido-base y potenciación, respectivamente. El análisis permite identificar las relaciones que se establecen entre los componentes del PCK y la correlación con los elementos del andamiaje. Es posible identificar relaciones similares y distantes entre las conexiones que establece cada profesor en su PCK. Los resultados muestran que el PCK, es propio de cada profesor, que las relaciones entre los componentes del PCK son principalmente de tipo disciplinar, que el modelo del andamiaje está más asociado al elemento de contingencia que al de transferencia de responsabilidad y al de desvanecimiento, siendo esta última dupla la menos frecuente; y que los componentes que más interactúan son los referidos al conocimiento de la comprensión de los estudiantes y al conocimiento de las estrategias de enseñanza. Se discute la conveniencia de analizar los mapas del PCK como elemento orientador hacia acciones que contribuyan a fundamentar y configurar la reflexión de los profesores, y más cuando converge con el modelo del andamiaje. Este último busca fortalecer y caracterizar el proceso de interacción profesor-estudiante, destacándose por generar un mayor control sobre el aprendizaje del estudiante y teniendo presente el ambiente del aula de clase; entre el profesor como sujeto que dispone del medio didáctico para que el estudiante tenga los elementos suficientes para lograr su autonomía.

Palabras clave: Conocimiento Pedagógico del Contenido, andamiaje, formación de profesores, acción docente, situación didáctica.

ABSTRACT

This doctoral thesis proposes the analysis of a series of data obtained through the following instruments: a questionnaire of open questions called Content Representation (ReCo), class observations and self-confrontation interviews; in order to generate the PCK map of three experienced teachers of higher education in the areas of biology, chemistry and mathematics; whose teaching sequences constitute the topics of genetic variation, acid-base reactions and potentiation, respectively. The analysis allows to identify the relationships that are established between the components of the PCK and the correlation with the elements of the scaffolding. It is possible to identify similar and distant relationships between the connections that each teacher establishes in their PCK. The results show that the PCK is specific to each teacher, that the relationships between the components of the PCK are mainly of a disciplinary nature, that the scaffolding model is more associated with the element of contingency than with the transfer of responsibility and that of fading, the latter being the least frequent; and that the components that most interact are those related to knowledge of students' understanding and knowledge of teaching strategies. The convenience of analyzing the PCK maps as a guiding element towards actions that contribute to the foundation and configuration of teachers' reflection is discussed, and more so when it converges with the scaffolding model. The latter seeks to strengthen and characterize the teacher-student interaction process, standing out by generating greater control over student learning and keeping in mind the classroom environment; between the teacher as subject that has the didactic means so that the student has the sufficient elements to achieve their autonomy.

Keywords: Pedagogical Content Knowledge, Scaffolding, teacher training, teaching action, didactic situation.

CONTRIBUCIONES DEL ANDAMIAJE A LA CONCEPTUALIZACIÓN DEL PCK AL ESTUDIAR LA ACCIÓN DOCENTE DE CUATRO PROFESORES DE CIENCIAS DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Tesis Presentada

Por

Wilson J. Parra Angarita

Introducción

En el ámbito didáctico, los investigadores están interesados en cómo la enseñanza se relaciona con los resultados de los estudiantes. Parece obvio que lo que un maestro sabe debe influir en cómo enseña y en qué aprenden los alumnos. Desafortunadamente, al examinar la relación entre las medidas del conocimiento del contenido del profesor (es decir, el promedio de calificaciones, los cursos tomados, los puntajes de las pruebas estandarizadas), sólo se encuentran relaciones débiles en los resultados de los estudiantes, que representan menos del 1 por ciento de la variación (Wayne & Youngs, 2003).

Estamos de acuerdo con Talanquer (2013) en que, a pesar de las dificultades encontradas en el estudio del Conocimiento Pedagógico de Contenido (PCK por sus siglas en inglés) de los profesores, el concepto ha dado lugar a líneas de investigación muy productivas, particularmente en los terrenos de enseñanza de las matemáticas (Ball, Thames & Phelps, 2008) y de las ciencias naturales (Gess-Newsome & Lederman, 1999; Garritz, Daza & Lorenzo, 2014), áreas en las que ha tenido gran influencia en el diseño e implementación de programas de formación inicial y de desarrollo profesional (Loughran, Berry & Mulhall, 2012; Talanquer, 2014a). En gran medida, la simple sugerencia de la existencia del PCK ha servido como detonador y promotor de múltiples trabajos teóricos y empíricos centrados en la investigación y el desarrollo del pensamiento y la práctica docente en diferentes disciplinas.

Este panorama refleja la necesidad de profundizar en investigaciones que se acerquen a resolver problemáticas que amplíen la discusión conceptual y metodológica en torno al estudio del PCK de los profesores, especialmente en las interrelaciones obtenidas entre sus componentes. De esta forma, comenzaré comentando que una de las circunstancias responsables de que me viera implicado en la realización de un estudio de esta naturaleza, está estrechamente vinculada con las ideas de Talanquer (2013) quien propone que la química y, a nivel general las ciencias, se enseñan en los salones de clase, en donde estas disciplinas se presentan como una colección de temas desconectados sin mucha relevancia para los estudiantes; la formación de los docentes de ciencias también se caracteriza por su segmentación y descontextualización. En estas circunstancias, no es de sorprender que el PCK de los profesores, el cual demanda de la integración significativa de diversas formas de conocimiento, sea bastante limitado. Lamentablemente, el número de propuestas innovadoras para el fortalecimiento y desarrollo del pensamiento del profesorado, sustentadas sólidamente y evaluadas en la práctica, es reducido. Sin embargo, esta investigación representa en alguna medida ese tipo de contribución, en tanto debe ser de gran valor el esfuerzo de ampliar la discusión conceptual a partir de la contribución del modelo conceptual del andamiaje al PCK, así como el fortalecimiento en la formación de profesores, especialmente en el nivel universitario, dentro del cual se enmarca esta tesis.

Es un común en los análisis que se realizan periódicamente y en el imaginario de los profesionales de la docencia que la formación de profesores de ciencias, así como su enseñanza, no consigue los resultados esperados; además, es frecuente en las aulas la poca participación de los estudiantes, que no permite evidenciar una activa apropiación del conocimiento. En nuestro medio, las clases de ciencias se imparten en su gran mayoría desde un formato tradicional y en algunas ocasiones cuando el profesor busca estrategias como por ejemplo la pregunta, encuentra poca interacción por parte del estudiantado.

Teniendo en cuenta que educar significa comunicar, intercambiar y compartir, cobra relevancia que en la enseñanza universitaria, al igual que se ha puesto ampliamente de manifiesto para otros niveles educativos, debería estar centrada en el aprendiz, en estructuras interactivas que potencien su protagonismo, y en promover la interacción profesor-estudiante, buscando constantemente la autonomía del sujeto que aprende, mediante un conjunto de elementos que el profesor posibilita en su acción docente.

La revisión de la literatura mostró que durante la última década diversos grupos de investigación en didáctica de las ciencias se han interesado por la formación de profesores. Pero son pocas las investigaciones realizadas a nivel de educación superior y en especial sobre el área de ciencias, particularmente, en química, biología y matemática. Es por ello que surgió el interés de realizar un estudio que diera cuenta del análisis de la acción docente, que evidenciara un trabajo interactivo entre profesor-estudiantes, en especial aquel que se produce en las aulas universitarias y cuya finalidad radica en los aportes o contribuciones del proceso de andamiaje al PCK.

El planteamiento de la investigación se fundamenta en los referentes teóricos de la Teoría de las Situaciones Didácticas (TSD), propuesta por Brousseau (1990, 1991, 2007); la Teoría de la Acción Didáctica Conjunta (TADC), propuesta por Sensevy y Mercier (2007); teorías que consideran los sistemas didácticos compuestos de tres polos en continua interacción: el profesor, el estudiante y el saber; el constructo del andamiaje (Wood, Bruner & Ross, 1976; van de Pol, Volman & Beishuizen, 2010) cuya finalidad es la autonomía del aprendiz a partir del despliegue de los elementos clave de contingencia, desvanecimiento y transferencia de responsabilidad por parte del profesor, y el Conocimiento Pedagógico del Contenido (Park & Oliver, 2008b), como ese conocimiento particular de los docentes de una disciplina que los habilita para crear situaciones productivas de aprendizaje en diversos contextos.

Se eligió la investigación cualitativa-interpretativa con énfasis en estudios de caso, como posibilidad para generar información descriptiva. Este enfoque permite indagar, profundizar y describir, a partir de una práctica de aula, la interacción entre profesor y estudiantes. El dispositivo metodológico empleado fue la Clínica Didáctica, que han venido desarrollando los grupos de Semiótica – Educación – Desarrollo (SED – Universidad de Ginebra) y GECM de la Universidad de Antioquia, basada en métodos que se complementan entre sí para obtener “un cuadro clínico” de las situaciones reales de enseñanza y aprendizaje. La unidad básica de observación es la evolución de las relaciones al interior de la terna docente – medio didáctico – estudiante a lo largo de una unidad temática, prestando especial interés en los componentes del PCK y los elementos del andamiaje.

Se contó con la participación voluntaria inicial de 16 docentes de diferentes áreas de ciencias: química, física, biología y matemáticas, pertenecientes a la Universidad de Antioquia, la cual se caracteriza por ser una Institución de Educación Superior destacada en la región, de los cuales se seleccionaron cuatro casos. Estos profesores se eligieron por la forma en que planean y orientan sus clases, primando en ellas interacciones con los estudiantes y reconociendo el proceso de andamiaje que era característica fundamental en esta configuración. Las clases se grabaron en el semestre 2017-II, de éstas se seleccionaron los temas: reacciones ácido base (química), deriva genética (biología) y potenciación (matemática). El tema de estructura atómica (química), corresponde al periodo 2014-II¹, teniendo en cuenta la riqueza de los datos, en cuanto a las acciones de devolución – regulación entre profesores y estudiantes en las sesiones grabadas. La recolección de la información se complementó con el instrumento de concepciones sobre enseñanza, aprendizaje y evaluación desde la perspectiva histórico-cultural, entrevistas semiestructuradas, entrevistas de auto-confrontación y el instrumento de Representación del Contenido (ReCo). Toda la información se transcribió y se analizó siguiendo las características del enfoque cualitativo.

El objeto de estudio se centró en las interacciones entre profesor y estudiantes con el fin de determinar las contribuciones del andamiaje al PCK y la relación que subyace entre los componentes de este modelo y los elementos clave del andamiaje, teniendo en cuenta el análisis de los procesos didácticos, particularmente la topogénesis. De este modo se enfoca la atención en la enseñanza contingente, en el proceso de andamiaje que el profesor promueve y la relación con los componentes del PCK, lo que regula y justifica su acción docente en el aula de clase. Es así como las acciones docentes de devolución y regulación y el proceso didáctico de topogénesis son elementos a tener en cuenta en esta tesis, los cuales en conjunto se transversalizan, para dar rigurosidad a la estructura conceptual y metodológica de esta investigación centrada en el proceso de andamiaje y su conjunción con el modelo del PCK.

¹ Este material corresponde a la tesis doctoral de Soto, A. (2016), el cual fue relevante por tratarse del caso de una profesora que cumple con las características que se estaban buscando para explorar los patrones de enseñanza contingente asociados con la acción docente de este caso en particular. El uso de esta información para esta tesis doctoral, se hizo con el permiso de la autora.

Tradicionalmente los profesores centran su práctica pedagógica y didáctica en las acciones de definición e institucionalización, concediendo poca relevancia a las intervenciones de los estudiantes en las clases, es por ello que, coincidiendo con Soto (2016) desde esta tesis se plantea como mecanismo de intercambio entre el profesor y los estudiantes, el incremento de las acciones de devolución y la consecuente regulación de las actividades del aula por parte del profesor. Estas acciones docentes constituyen una poderosa herramienta para repensar el trabajo del profesor en la medida en que ayuda a comprender más claramente la existencia y manejo del *andamiaje*, propuesto por Wood, et al. (1976) y van de Pol, et al. (2010), que implica procesos de interacción mediados por la acción del profesor, los cuales le permiten planear y, de cierta manera, guiar las actividades en función de las metas de la clase y la autonomía del aprendiz. También permiten interrelacionar los componentes del PCK que pueden ser difíciles de caracterizar, ya que se trata de un conocimiento tácito que el docente no puede articular con facilidad, pero que se manifiesta de manera más clara en la práctica educativa.

Así, este PCK influencia las decisiones de los profesores en la planeación de una lección, como la secuenciación de contenidos, las actividades que se seleccionan, las preguntas que se formulan, las explicaciones que se construyen y las evaluaciones que se diseñan para determinar los niveles de aprendizaje alcanzado por los estudiantes. En esa medida, el PCK es una forma de conocimiento altamente específica que varía de un tema a otro y se manifiesta de diferentes maneras, dependiendo del contexto en el que los docentes trabajan (Talanquer, 2013).

De acuerdo con lo anterior, se planteó la pregunta de investigación la cual se enfoca en explorar el potencial y las limitaciones que tiene la acción docente centrada en procesos de andamiaje con el fin de determinar las contribuciones al PCK y comprender las relaciones entre sus componentes y los elementos clave del andamiaje: contingencia, desvanecimiento y transferencia de responsabilidad. También se analizaron los procesos de interacción desde la perspectiva de la enseñanza contingente que de algún modo se vincula con la dupla *devolución-regulación*, que se da en las aulas entre profesores y estudiantes atendiendo a los roles que estos juegan en la construcción de conocimiento en clases de ciencias en educación superior. Para esto se tuvo en cuenta el modelizar el PCK a partir de mapeo mostrando las interrelaciones entre sus componentes y los constantes vínculos establecidos

con los elementos del andamiaje, producto de la práctica de cada uno de los docentes participantes.

Con lo anterior confirmamos que un medio que se construye otorgando herramientas al estudiante para que asuma devolución, el cual considera el rol del profesor como el sujeto que guía el proceso para que el estudiante sea quién asuma el control sobre su aprendizaje, es un medio que posibilita el proceso de andamiaje y además susceptible de enriquecer las interrelaciones dadas en el modelo de mapa de PCK. Es decir, que en la perspectiva del andamiaje se busque proporcionar elementos como el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad para generar en el aprendiz, autonomía. En esta dirección, es relevante pensar en las relaciones entre los componentes del modelo PCK que el profesor establece y cómo se vinculan con los elementos del andamiaje para potenciar teórica y metodológicamente este modelo. Esto se convierte en una oportunidad que se traduce en avances mesogenéticos y cronogenéticos ya que se inunda el aula de nuevas relaciones, símbolos, dinámicas que pueden ser desencadenantes de procesos de aprendizaje. Este escenario evidencia que el estudiante toma conciencia de que puede asumir un rol más activo en su proceso de aprendizaje que el de un simple receptor.

En este sentido, el profesor tiene un rol clave a lo largo del semestre y en particular, en la unidad temática, ya que debe generar ambientes estructurados de clase que permitan que el estudiante entre en la dinámica de la acción conjunta. Al orientar la clase de esta forma, se crean contextos para lograr la interacción profesor-estudiante, con el fin de promover las preguntas, la expresión de ideas, el reto, la duda, enseñando contingentemente con el fin de lograr la autonomía de los estudiantes. Así, el aprendiz, en el desarrollo de la temática de clase analizada, se adapta al modo de trabajo y lo ve como una regla de juego que hace parte del contrato didáctico. Es así como la creación de ese ambiente estructurado da lugar a momentos donde aparece la dupla devolución-regulación y el proceso de andamiaje, en donde el esfuerzo de los profesores se centra en que el lenguaje de los estudiantes (preguntas, ideas, explicaciones, modelamiento) corresponda a la lógica formal de la descripción científica de fenómenos; consolidando el PCK que permea la acción docente de cada profesor participante, comprendiendo así, las relaciones entre los elementos clave del andamiaje y los componentes del PCK, principalmente aquellos que se relacionan con el

conocimiento de la comprensión de los estudiantes y las estrategias de enseñanza, tal como se ha reportado en la literatura (Park & Chen, 2012; Aydin & Boz, 2013).

En esta dirección avanzamos en analizar cómo los docentes integran los componentes del PCK de manera práctica al momento de enfrentarse con una tarea o problema educativo, tal como lo propone Talanquer (2014b). El PCK puede ser caracterizado como una propiedad emergente del pensamiento docente y como tal debe ser estudiado y caracterizado en la praxis (Gess-Newsome, 1999). Las estrategias de desarrollo y análisis del PCK descritas y discutidas en esta investigación son sensibles a esta problemática, en la medida en que el trabajo de formación se da en contextos de creación e implementación de unidades temáticas.

En suma, el presente manuscrito que reporta la investigación se divide en seis partes. El Capítulo 1 incluye un contexto general sobre el estudio describiendo a profundidad los aspectos teóricos y metodológicos relevantes, a partir de una revisión sistemática de literatura especializada en los aspectos centrales del Andamiaje y el PCK en educación en ciencias. El Capítulo 2 profundiza la respectiva revisión de la literatura poniendo en contexto la problemática de la investigación así como los objetivos a alcanzar. El Capítulo 3 presenta los aspectos teóricos que sustentan la tesis, centrándose particularmente en el Andamiaje, el PCK y la Teoría de Situaciones Didácticas. Por su parte, en el Capítulo 4 se expone la metodología aplicada para sistematizar los datos recolectados y analizar los hallazgos de la investigación. El Capítulo 5 expone los resultados y la discusión de los aspectos que contribuyen a la ampliación conceptual y metodológica en la discusión que permite realizar el análisis de la acción docente del profesor de ciencias de educación superior; y finalmente el Capítulo 6 concluye con las consideraciones finales y las perspectivas futuras de investigación a partir de los hallazgos aquí reportados y contrastados con la literatura especializada.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

Este capítulo presenta la revisión sistemática en bases de datos especializadas de los referentes conceptuales núcleo de la tesis, enfocados en el área de la enseñanza de las ciencias: el andamiaje y el conocimiento pedagógico del contenido (PCK). La presentación tiene en cuenta la estructura de un artículo de investigación.

1.1 Andamiaje en enseñanza de las ciencias: una discusión desde los hallazgos actuales

Resumen

El presente estudio tuvo como propósito realizar una revisión de literatura acerca del concepto de *andamiaje en educación en ciencias*, entre los años 2010 a 2016, con el fin de analizar los aportes actuales en su conceptualización y, así mismo, identificar qué tipos de andamiajes emergen en las investigaciones. El método se basó principalmente en la búsqueda estructurada en bases de datos especializadas como *Social Sciences Citation Index*, *Science Direct* y *Scopus*, a partir de categorías que proporciona el modelo conceptual más reciente, que tiene como núcleo los elementos clave del andamiaje, a saber, contingencia, desvanecimiento y transferencia de responsabilidad. Los resultados de la revisión indican que, actualmente, la investigación sobre *andamiaje en educación en ciencias* se puede analizar en las siguientes categorías: andamiaje como dispositivo, eficacia del andamiaje, andamiaje en la formación de profesores y andamiaje como estrategia de evaluación. Se observó un alejamiento del concepto original, así como la escasez de investigaciones en el área que aducen los tres elementos clave. Sin embargo, emerge la hipótesis de que la presencia del andamiaje en la práctica docente, puede considerarse como sello de identidad profesional. Estos hallazgos sirven como perspectivas futuras de investigación en educación en ciencias, con el fin de mejorar y fortalecer procesos de enseñanza, aprendizaje, evaluación y formación de profesores.

Introducción

El concepto de andamiaje ha recibido atención en la investigación educativa en las últimas décadas. En 1976, Wood, Ross y Bruner adoptaron la metáfora del andamiaje para explicar el papel que los adultos pueden desempeñar en las actividades conjuntas de resolución de

problemas con los niños. Tomado del campo de la construcción, donde un andamio es una estructura temporal erigida para ayudar con el edificio o la modificación de otra estructura; el recurso al andamio, como metáfora en el dominio del aprendizaje, se refiere al apoyo temporal provisto para la realización de una tarea que los estudiantes, de otra manera, posiblemente no serían capaces de completar. Este apoyo se puede proporcionar de una variedad de maneras que incluyen el modelamiento y la presentación de preguntas para diferentes temas (por ejemplo, ciencias naturales) en diferentes edades.

Según Vygotsky (1978), el aprendizaje primero tiene lugar en un nivel social (intermental) antes de que tenga lugar en un nivel individual (intramental). En opinión de Stone (1993), el estudiante no es un participante pasivo en la interacción profesor-estudiante, sino que el andamiaje es visto como un proceso fluido e interpersonal en el que ambos son participantes activos, en tanto construyen activamente una comprensión común o intersubjetividad a través de intercambios comunicativos, en los que el estudiante aprende desde la perspectiva del otro más conocedor.

Cazden (1983) relacionó la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) de Vygotsky a principios del andamiaje, y sugirió que la metáfora se ampliara desde el dominio de las interacciones entre padres e hijos, hasta las interacciones profesor-estudiante. Vygotsky (1978) define la ZDP como "la distancia entre el nivel real de desarrollo determinado por la resolución independiente de problemas y el nivel de desarrollo potencial determinado por la resolución de problemas bajo la guía de adultos o en colaboración con compañeros más capaces" (p.86).

Según van de Pol, Volman & Beishuizen (2010), debido a que el andamiaje es una intervención tan dinámica y perfectamente ajustada al progreso continuo del estudiante, el apoyo dado por el maestro durante el andamiaje depende fuertemente de las características de la situación, como el tipo de tarea (por ejemplo, bien estructurada versus mal estructurada) y las respuestas del estudiante. Por lo tanto, el andamiaje nunca se ve igual en diferentes situaciones, y no es una técnica que se puede aplicar en cada situación de la misma manera.

Más recientemente, algunos autores sostienen que el concepto de andamiaje se ha aplicado ampliamente en la investigación educativa y psicológica. Pea (2004) incluso afirmó que "el concepto de andamiaje se ha ampliado tanto en sus significados en el campo

de la investigación educativa y las ciencias del aprendizaje que se ha vuelto poco claro en su significado" (p.439).

Puntambekar & Hübscher (2005) sostienen, de manera similar, que "la construcción del andamio se está utilizando cada vez más como sinónimo de apoyo" (p.1). En el trabajo frecuentemente citado de Stone (1998a,b), la utilidad de la metáfora del andamio es considerada críticamente. Stone concluye que, en muchos estudios, la metáfora ha sido removida de su contexto teórico original, lo que ha llevado al uso del andamiaje como una estrategia de instrucción directiva iniciada por el maestro que está realmente en conflicto con el contexto socio-histórico más sensible para la metáfora. Sin embargo, este mismo autor argumenta a favor de salvar la metáfora del andamio, sin perder de vista su fondo teórico, en el que el estudiante es visto como un participante activo. Así, Stone (1998a) discutió varios estudios sobre el andamiaje que relacionan interacciones maestro-niño, en las cuales se encontró que el andamiaje era efectivo.

Sin embargo, estos estudios fueron en gran medida observacionales (por ejemplo, Cazden, 1983; Englert, 1992; Fleer, 1992). Prácticamente no se encontraron estudios cuasi-experimentales, y se utilizaron diferentes definiciones de andamiaje en los diversos estudios. Una excepción es el trabajo de Palincsar (1986, 1991), en el que el andamiaje es sistemáticamente examinado a través de diseños de un solo sujeto y de grupo comparativo, y se encuentra que es eficaz en el contexto de la enseñanza recíproca.

Reigosa & Jiménez-Aleixandre (2007) señalan que, para que exista andamiaje, debe promoverse la contingencia, el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad. Argumentan que, si alguno de estos elementos no se ejecuta, el andamiaje no funciona, y por lo tanto no se puede hablar de andamiaje.

Recientemente, van de Pol et al. (2010) se centraron en estudios de interacciones en las cuales se evaluaba el grado de contingencia, desvanecimiento y transferencia de responsabilidad cuando el andamiaje era promovido en niveles de primaria y secundaria. Así mismo, la revisión presenta una visión general de estudios descriptivos y de la medida de este proceso como el principal reto de investigación. De esta forma, presentan un marco de análisis que distingue los medios y las intenciones del andamiaje.

A partir de esta conceptualización Crujeiras y Jiménez (2018) proponen examinar la idoneidad de distintas estrategias docentes para guiar a los estudiantes de secundaria en la

participación en las prácticas científicas. En esta dirección, analizan el discurso de los docentes participantes durante la resolución de la tarea y se codifican sus intervenciones mediante un marco de estrategias de andamiaje. Los resultados muestran diferencias en las estrategias utilizadas por ambos docentes, las cuales influyen en los desempeños de los estudiantes relativos al diseño y puesta en práctica de investigaciones.

En esta revisión, caracterizaremos el concepto de andamiaje mostrando estudios descriptivos, ya que constituyen la mayoría de los artículos seleccionados. Seguidamente, se exploran los estudios respecto al andamiaje como dispositivo, eficacia del andamiaje, andamiaje en la formación de profesores y andamiaje como estrategia de evaluación. Finalmente, se tienen en cuenta las implicaciones para investigaciones futuras sobre andamiaje en enseñanza de las ciencias.

El objeto de realizar una nueva revisión

Aunque el andamiaje ha sido un concepto frecuentemente estudiado desde 1998, hasta la fecha sólo se ha realizado una revisión sistemática de la literatura que destaca la interacción profesor-estudiante desde un punto de vista general (van de Pol et al., 2010), y en lo que concierne a la enseñanza de las ciencias, sólo se identificó una revisión de literatura (Lin et al., 2012) que tuvo como fundamento la codificación de diferentes tipos de estudios que involucran el andamiaje, aunque no se tuvo en cuenta el marco teórico que sustenta su conceptualización original para el análisis de las categorías.

Frente a las revisiones realizadas hasta la fecha (Stone, 1998a,b; van de Pol et al., 2010; Lin et al., 2012), la presente se destaca porque analiza investigaciones que postulan la conceptualización original del andamiaje, desde la perspectiva histórico cultural desarrollada por Vygotsky, específicamente en el área de educación en ciencias. En este sentido, se evitaron estudios que tuvieron en cuenta al andamiaje como un concepto *sombrilla*, es decir, como estrategia de apoyo en procesos de enseñanza y aprendizaje. Igualmente, ésta se propone indagar en la formación de profesores en ciencias, debido a que es una categoría poco explorada desde el andamiaje, como concepto que posibilita otorgar identidad profesional al profesor. Por último, se ha de considerar que el núcleo de los estudios revisados se fundamenta, principalmente, en los procesos de andamiaje planteados desde la concepción original que subyace en la perspectiva histórico cultural.

Referentes conceptuales

Andamiaje

El estudio sobre andamiaje se originó con Wood et al. (1976), cuando sugirieron que el andamiaje podría mejorar el aprendizaje de los estudiantes, y para lograrlo, el andamiaje debe reducir el grado de libertad, lo que significa que los instructores deben apoyar a los aprendices simplificando la tarea al nivel que los estudiantes pueden manejarla.

Según Seidel y Shavelson (2007), el andamiaje es un concepto poderoso. En primer lugar, es una herramienta útil para describir y analizar el soporte a diferentes niveles. Es decir, en un aula, cada alumno tiene diferentes necesidades. Este es un desafío para el maestro. De esta manera, a los estudiantes se les pueden asignar tareas diferentes a su propio ritmo. Por lo tanto, los profesores pueden diferenciar su apoyo en interacciones con sus estudiantes. En este sentido, las interacciones se consideran fundamentales porque forman un aspecto importante de la enseñanza efectiva.

A pesar de las diferentes definiciones de andamiaje, se pueden distinguir algunas características claramente comunes. En general, el andamiaje se interpreta como el apoyo dado por un maestro a un estudiante al realizar una tarea que el estudiante podría no ser capaz de lograr.

De acuerdo con el modelo conceptual desarrollado por van de Pol et al. (2010), para que ocurra el andamiaje se deben presentar los siguientes elementos característicos claves: “La primera característica común del andamiaje es la *contingencia*, a menudo denominada capacidad de respuesta, adaptación y ajuste. El apoyo del maestro debe adaptarse al nivel actual del rendimiento del alumno y debe estar en el mismo nivel o un nivel ligeramente superior. Un maestro actúa de manera contingente cuando adapta el soporte. La segunda característica es el *desvanecimiento* o retiro gradual del andamiaje. Éste depende del nivel de desarrollo y competencia del aprendiz. Un maestro promueve el desvanecimiento cuando el nivel o la cantidad de apoyo disminuye con el tiempo. La tercera característica común es, a saber, *la transferencia de responsabilidad*, que está fuertemente relacionada con el desvanecimiento. A través del desvanecimiento contingente, la responsabilidad de la ejecución de una tarea se transfiere gradualmente al alumno. La responsabilidad del aprendizaje se transfiere

cuando un alumno asume un control creciente sobre su rol como aprendiz” (p.274-275).

Así, a diferencia de algunos autores (Valsiner & van der Veer, 1993) que critican la metáfora del andamiaje por concentrarse sólo en completar la tarea, pensamos al igual que van de Pol (2010) en el andamiaje como un método de enseñanza que puede centrarse en el desarrollo del aprendiz en sus diferentes facetas.

Si un estudiante, por ejemplo, trabaja en una serie de tareas, y el maestro adapta el apoyo en respuesta a la comprensión del estudiante, el maestro está enseñando de manera contingente. Si el estudiante comprende, el maestro puede retirarse con el tiempo. A medida que el apoyo se desvanece, el maestro también puede transferir la responsabilidad al estudiante, de modo que el estudiante tome cada vez más control sobre su aprendizaje (van de Pol, 2010).

Preguntas de investigación

Con respecto a las motivaciones presentadas, se plantean, como interrogantes a resolver:
¿Qué aportes actuales hay en la conceptualización del andamiaje en educación en ciencias?
¿Qué tipos de andamiajes emergen en las investigaciones actuales en educación en ciencias?

Método

La búsqueda bibliográfica de la presente revisión se realizó entre julio y noviembre de 2016, en las bases de datos *Social Sciences Citation Index*, *Science Direct* y *Scopus*. De ellas, las revistas seleccionadas fueron: *Journal of the Learning Sciences*, *Research in Science Education*, *Science Education*, *Journal of Curriculum Studies*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Journal of Teacher Education*, *Instructional Science*, *International Journal of Science and Mathematics Education*, *International Journal Science Education* y *Enseñanza de las Ciencias*. Para la selección de los artículos se establecieron los siguientes criterios: (1) publicados en las revistas seleccionadas; (2) escritos en inglés y español; (3) publicados entre 2010 y 2016; (4) proporcionan una definición o descripción del andamiaje en las secciones teóricas, metodológicas o de resultados del artículo, o se refiere a

Vygotsky y/o Wood, et al. (1976); (5) se refiere a andamiaje en contacto cara a cara; y (6) estudios empíricos en educación en ciencias.

El principal término de búsqueda fue "Scaffold * y Andamiaje*", y se seleccionaron para su inclusión en la revisión todos los artículos que lo contenían en el título o en el resumen, y cumplieran con los criterios mencionados. La búsqueda arrojó un total de 721 artículos, que fueron sometidos a revisión de pares, con el fin de discutir la adecuada aplicación de los criterios de selección establecidos. El listado definitivo se redujo a una muestra de 15 artículos de investigación de corte empírico descriptivo.

El análisis condujo a una conclusión preliminar: los estudios en educación en ciencias que vinculan el andamiaje como referente central, muestran que este constructo no es abordado desde su conceptualización original, sino como un concepto que cobija, desde instrumentos y actividades de apoyo para el estudiante, hasta estrategias de enseñanza complejas. Visto así, es un concepto *sombrilla*. El gran interés en el andamiaje en la investigación educativa está claramente indicado por el hallazgo de cinco números especiales sobre ese tópico: *Journal of the Learning Disabilities*, 31(4), 1998; *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 2004; *Instructional Science*, 33(5/6), 2005; *New Ideas in Psychology*, 23(3), 2005; y *Learning, Culture and Social Interaction*, 2(1), 2013.

Una vez identificados los artículos de interés para esta revisión, se observaron cuáles fueron los focos de investigación para la comprensión del andamiaje. Así, emergieron cuatro categorías, a saber: (1) el andamiaje como dispositivo (AD); (2) la eficacia del andamiaje (EA); (3) el andamiaje en la formación de profesores (AFP); y (4) el Andamiaje como Estrategia de Evaluación (AEE), las cuales muestran una regularidad en sus enfoques teóricos y metodológicos.

Resultados

Perfil de la Investigación

Los estudios aquí incluidos son empíricos, descriptivos, con intervención, centrados en la educación en ciencias naturales. Se estudian las interacciones uno-a-uno, primando las de grupos pequeños, con el fin de mostrar el papel que juega el andamiaje, teniendo en cuenta los elementos claves de este proceso: contingencia, desvanecimiento y transferencia de

responsabilidad. Las cuatro categorías mencionadas para clasificar los estudios, surgieron de la tendencia de investigación actual, a fin de plantear preguntas sobre el comportamiento del andamiaje y encontrar regularidades que permitan modelizar sus efectos.

En la Tabla 1 se registra la revista que publicó el estudio, los autores, el área de conocimiento, el dominio específico correspondiente a un área en particular, el nivel de formación, la metodología y, finalmente, la categoría de análisis que hace referencia a la categoría de andamiaje.

Tabla 1.

Características de análisis de estudios reportados en la revisión de literatura

Número artículo	País	Revista	Autores	Área	Dominio	Nivel	Metodología	Categoría Andamiaje
1	Estados Unidos	<i>RSE</i>	Knaggs & Schneider, 2011	Biología	Ósmosis Fotosíntesis Selección Natural	Secundaria	Mixta	AD
2	Holanda	<i>RSE</i>	Meinderstma et al., 2013	Fenómenos científicos en física	Presión Principio de Arquímedes	Preescolar	Cualitativa	EA
3	Estados Unidos	<i>SE</i>	Berland & McNeill, 2010	Biología Física	Biodiversidad Adaptación Selección natural Fuerza Movimiento	Primaria, secundaria y media	Cualitativa	EA
4	Estados Unidos	<i>SE</i>	Emig et al., 2013	Física	Máquinas simples: palancas, poleas, planos inclinados, engranajes.	Profesores en formación inicial	Cualitativa	AD - AFP
5	Estados Unidos	<i>SE</i>	Ford & Wargo, 2011	Biología	Evolución Selección Natural	Preparatoria (educación media)	Cualitativa	AD - EA
6	Suecia	<i>SE</i>	Haglund et al., 2012	Química Física	Mezcla Transferencia de calor	Primaria	Cualitativa	AD
7	Suecia	<i>SE</i>	Hamza & Wickman, 2012	Química	Electroquímica	Secundaria	Cualitativa	AD - EA
8	Estados Unidos	<i>SE</i>	Kang et al., 2014		Fenómenos científicos	Primaria	Mixta	AD - AEE
9	Canadá	<i>IJSME</i>	Melville et al. 2012	Física	Corriente	Formación de Profesores	Cualitativa	AFP
10	Estados Unidos	<i>IS</i>	Danish et al., 2016	Biología	Sistemas complejos: "colmena de abejas"	Primaria	Cualitativa	AD - EA
11	India	<i>IJSE</i>	Kawalkar & Vijapurkar, 2013	Biología	Ciencia ambiental, reproducción de plantas y Sistema circulatorio humano	Secundaria	Cualitativa	AD

12	Sudáfrica	<i>JCS</i>	Ramnarain & Hobden, 2014	Biología	Prácticas de laboratorio	Formación de profesores	Mixta	AFP
13	Estados Unidos	<i>JRST</i>	Buck, 2016	Astronomía	Visualizaciones cosmológicas	Pregrado	Cualitativa	AD - EA
14	Alemania	<i>JRST</i>	Wecker et al., 2012	Física	Magnetismo	Secundaria	Cuantitativa	AD
15	España	<i>Ens.Cias</i>	Crujeiras & Jiménez	Química	Prácticas científicas de indagación	Formación de profesores	Cualitativa	AD-AFP

Nota. AD: andamiaje como dispositivo; EA: eficacia del andamiaje; AFP: andamiaje en la formación de profesores; AEE: andamiaje como estrategia de evaluación

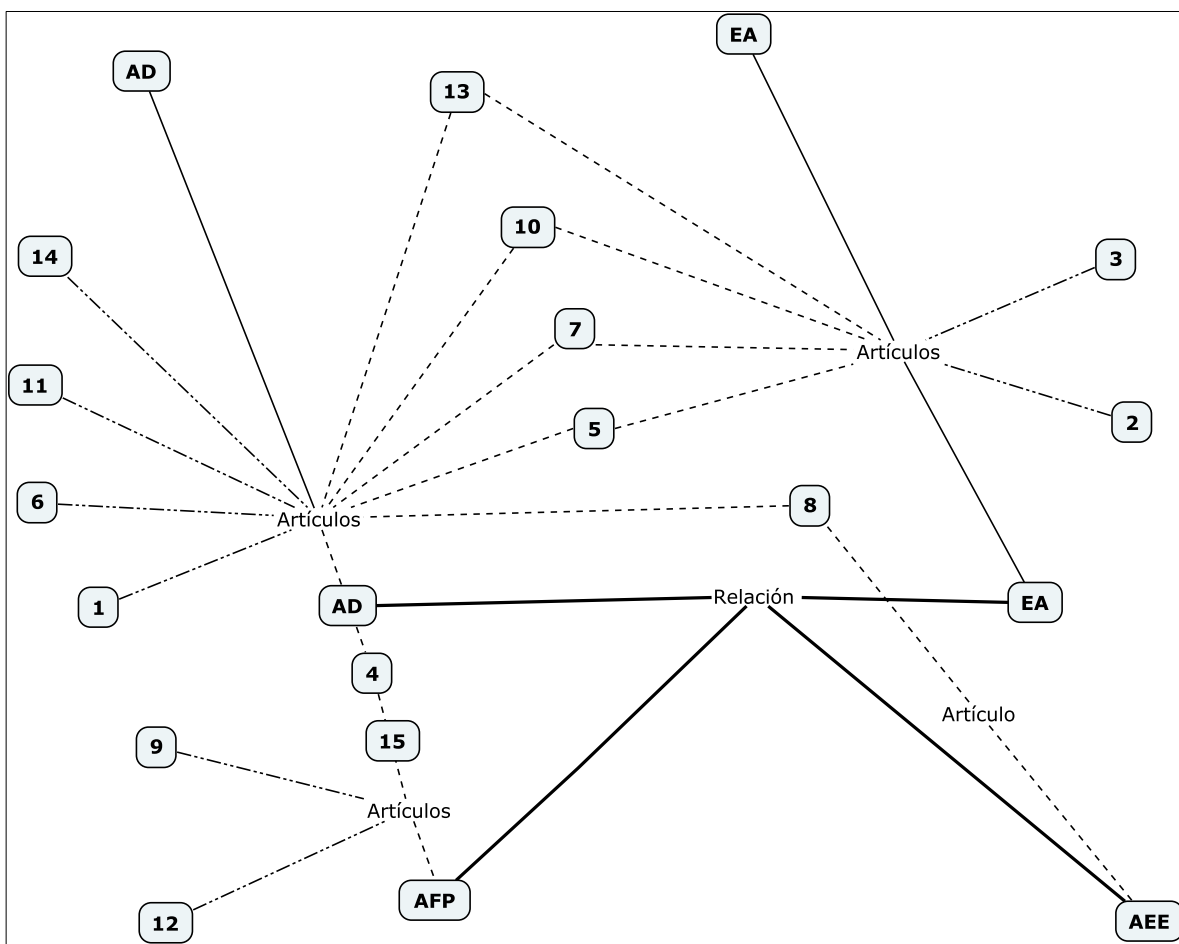


Figura 1. Relación de los tipos de andamiaje presentes en la investigación actual. *AD*: andamiaje como dispositivo; *EA*: eficacia del andamiaje; *AFP*: andamiaje en la formación de profesores; *AEE*: andamiaje como estrategia de evaluación. Los números 1 al 14 corresponden a la clasificación que se reporta en la tabla 1. La notación es como sigue: relación entre categorías (—), relación entre artículos (---), artículo perteneciente a una única categoría (...).

Discusión

En la Tabla 1, se observa que Estados Unidos lidera la investigación sobre andamiaje en educación en ciencias, respecto a los demás países que tienen algunas propuestas, y esto se relaciona con el interés por promover transformaciones curriculares. En contraste, en el contexto iberoamericano la investigación sobre andamiaje en educación en ciencias es un tema que no se reporta en la literatura internacional.

También se muestra que en los niveles donde se han realizado más estudios son primaria y secundaria, y se observa que la biología y la física son las áreas de preferencia. Además, la metodología de mayor uso en este tipo de investigaciones es la cualitativa. Lo anterior, va ligado al propósito explícito en los artículos seleccionados, acerca de mejorar el aprendizaje y la autonomía del aprendiz.

Una cantidad importante de estudios se refiere a la formación de profesores mediante programas de capacitación, donde el constructo central y movilizador es el andamiaje y sus elementos clave. Sin embargo, es escasa la tendencia que busca potenciar el andamiaje como un factor de identidad profesional. En esta dirección, Melville, Bartley & Fazio (2012) proponen la relación formación del profesor–andamiaje, la cual denota que este último componente puede ser entendido como factor de identidad profesional, que distingue al profesor de otros profesionales y/o de otros profesionales de la educación, en tanto promueve los tres elementos clave del andamiaje: contingencia, autonomía y transferencia de responsabilidad.

En la figura 1 se muestra la relación existente entre los diferentes estudios reportados en la Tabla 1, la cual tiene como parámetro de organización principal, la regularidad entre estudios o similitud entre los mismos, teniendo en cuenta el andamiaje identificado en cada investigación. Así, a partir de un ejercicio de evaluación de pares, se definieron las categorías emergentes de los diferentes tipos de Andamiaje, según la investigación reportada por cada artículo en la literatura, con los criterios de búsqueda expuestos con anterioridad. De esta forma, se agruparon los estudios de la siguiente manera: (i) Andamiaje como Dispositivo (AD) corresponden a los números 1, 6, 11 y 14; (ii) Eficacia del Andamiaje (AE) son el 2 y el 3; (iii) Andamiaje en la Formación de Profesores (AFP) son el 9 y el 12. También se muestran los vínculos que se establecen entre los diferentes estudios y las categorías, con los números 5, 7, 10 y 13, los cuales comparten elementos de

AD y EA; el número 4 muestra la relación entre AD y AFP, y el artículo número 8 relaciona el Andamiaje como Dispositivo (AD) y el Andamiaje como Estrategia de Evaluación (AEE).

Andamiaje como dispositivo. Esta categoría se caracteriza por otorgar relevancia al diseño del artefacto cultural que usa el maestro para movilizar el proceso del andamiaje, teniendo en cuenta la contingencia, seguido de un retiro gradual del andamiaje, buscando, en última instancia, la transferencia de responsabilidad, y a su vez la autonomía del aprendiz.

Según la figura 1, los estudios que pertenecen únicamente a esta categoría son: 1, 6, 11, 14. Knaggs & Schneider (2011) estudiaron el efecto del uso de la *uve de Gowin* en un conjunto de cincuenta estudiantes de secundaria, con el fin de potenciar la capacidad para comunicar la comprensión de las habilidades del proceso científico y el conocimiento del contenido, a través de la escritura en el área de biología, específicamente en tres actividades de laboratorio, a modo de investigación: (1) análisis de la velocidad de la ósmosis en el tejido de una papa, (2) determinación de la velocidad de fotosíntesis, y (3) simulación de selección natural. Los informes de laboratorio evidenciaron que el andamiaje como dispositivo mejoró las habilidades de escritura, pero lo más relevante es que fueron los estudiantes quienes hicieron el autodesvanecimiento, y no el profesor. De manera que los estudiantes tienen la oportunidad de regular su propio apoyo y pueden elegir cuándo las partes del andamio ya no son necesarias. En este sentido, la *uve heurística de Gowin* se considera un andamiaje complejo, pero a la vez potente, a medida que el estudiante la aprende a manejar.

Por su parte, Haglund, Jeppsson & Andersson (2012) estudiaron el razonamiento analógico como dispositivo en la interacción entre estudiantes de primaria, promoviendo el andamiaje principalmente en la manipulación y la percepción de artefactos físicos y representaciones pictóricas en forma de imágenes impresas y dibujos infantiles, en una práctica acerca de mezclas y transferencia de calor. En este caso específico, el dispositivo es un conjunto de analogías provistas por el docente como una estrategia de intervención contingente, que busca apoyar al aprendiz en el proceso de razonamiento. El diseño del estudio comprendió tres fases: (1) analogías generadas por el maestro, para asegurarse que

los estudiantes tengan la capacidad de llevar a cabo el razonamiento analógico; (2) interacción con los fenómenos de mezcla y transferencia de calor en experimentos en forma de "predicción-observación-explicación"; y (3) generación de analogías propias de los fenómenos experimentados. Coincidiendo con Goswami (1992), el estudio reporta que los estudiantes considerablemente más jóvenes son capaces de emplear el razonamiento analógico de manera consistente, si los usos de la fuente son familiares y la tarea se entiende adecuadamente.

Los autores afirman que los estudiantes no tienen acceso a la concepción del calor como sustancia, ni siquiera dentro de su Zona de Desarrollo Próximo (Vygotsky, 1978), tal como se manifiesta en este contexto. Sin embargo, tienen muchos recursos cognitivos que siguen siendo en gran parte inexplorados en los enfoques de enseñanza de hoy, pero que podrían ser utilizados y desarrollados de una manera más constructiva y con propósito, como el razonamiento analógico.

Kawalkar & Vijapurkar (2013) estudiaron el papel que juegan las preguntas, como un andamiaje que se promueve en clase, por parte del profesor y cincuenta estudiantes de grado séptimo. Las preguntas se utilizaron para desarrollar los temas, no sólo generando discusión, sino para buscar una orientación. El profesor actuaba contingentemente al alentar y responder a las ideas de los estudiantes, y también ejercía un control sutil al decidir sobre las líneas de pensamiento. Por ejemplo, algunas actividades experimentales se desarrollaron a partir de la observación de los estudiantes, y evolucionaron aún más para abordar sus dificultades frente a los conceptos necesarios para comprender los fenómenos observados. Estas interacciones sirvieron de plataforma para consultas y aclaraciones adicionales, sin que el profesor diera directamente la respuesta o pasara al modo de explicación, mostrando con esto el carácter de desvanecimiento, así como el vínculo con la transferencia de responsabilidad. Se tuvo en cuenta que incluso una respuesta correcta por sólo uno o dos estudiantes, no fue reconocida de inmediato como tal, pero las respuestas de otros estudiantes fueron buscadas activamente, alentando a toda la clase a participar con la pregunta en cuestión, lo que se ve como un patrón de enseñanza contingente relacionado directamente con el andamiaje (Ruiz-Primo & Furtak, 2007), en tanto la pregunta movilizó la discusión y sirvió como andamiaje en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, al ser un mecanismo de regulación de sus respuestas. En este punto, es posible que el profesor

ponga en marcha el desvanecimiento, favoreciendo la autorregulación de los estudiantes, evidenciándose la transferencia de responsabilidad por parte del profesor de manera gradual, iniciando con los estudiantes que se acercan a las respuestas correctas, y luego a los demás estudiantes que entran en juego en la discusión. Sin embargo, como señalan Myhill & Warren (2005), enseñar de manera contingente es más difícil cuando un profesor tiene que atender a grupos de más de 30 estudiantes.

Wecker et al. (2013) realizaron un estudio cuantitativo para mejorar el aprendizaje basado en la especificidad de los andamios, el cual tuvo en cuenta 538 estudiantes de secundaria. El estudio se extendió durante dos sesiones. La primera, tuvo lugar en un laboratorio de enseñanza similar a un aula real. Comprendía una introducción general de 10 minutos, una prueba previa de 10 minutos, una fase de aprendizaje de 100 minutos y un pos-test de 20 minutos. La segunda sesión se realizó aproximadamente 2 meses después. Esta sesión comprendió el pos-test de 20 minutos. La presentación previa de las ideas teóricas tuvo un efecto inmediato y a largo plazo sobre el conocimiento en el nivel teórico, mientras que la presentación posterior de las ideas teóricas sólo tuvo un efecto a corto plazo. Los andamiajes específicos no tuvieron efecto en ninguna de las variables de resultado. Estos hallazgos sugieren que los estudiantes pueden hacer predicciones y explicaciones de los resultados de sus experimentos si las ideas teóricas son presentadas de antemano y, por lo tanto, desarrollar una comprensión teórica más profunda. Igualmente, la lógica subyacente a la hipótesis de que los andamios específicos fomentarían la adquisición de conocimientos sobre los fenómenos, era que los estudiantes tendrían más probabilidades de descubrir lo esperado, si los andamios hacen referencia al contenido particular de la tarea durante la formulación de las hipótesis, experimentos y el desarrollo de explicaciones para los resultados obtenidos. Además, también puede ser el caso de que los andamios específicos faciliten la tarea para los estudiantes, mientras que se ha argumentado que, en cierta medida, los andamios necesitan aspectos de la tarea más problemáticos y difíciles para los estudiantes, con el fin de ser beneficiosos para el aprendizaje (Reiser, 2002). Los dos tipos de conocimiento que se van a adquirir en el aprendizaje investigativo exigen, aparentemente, diferentes tipos de apoyo: en este artículo, los tipos de apoyo que afectan el conocimiento en el nivel teórico no fomentan el conocimiento respecto a los fenómenos.

Recientemente, los investigadores que han estudiado el andamiaje han buscado observar y describir las prácticas de los maestros en el salón de clases, con el fin de captar el proceso y sus apariencias. Debido a las muchas descripciones y clasificaciones útiles, ahora hemos llegado a un punto en que podemos estudiar el andamiaje usando la literatura existente que hace referencia al tema.

Finalmente, un rasgo característico que poseen estos estudios, tal como lo señalan van de Pol et al. (2010), es la contingencia del apoyo que se operacionalizó con relativa frecuencia, en comparación con el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad, dando prioridad al diseño del andamiaje. Así, se vuelve un reto en la investigación actual crear mecanismos mediante los cuales se definan criterios de desvanecimiento en el conglomerado del andamiaje.

Eficacia del andamiaje. En esta categoría, el andamiaje se caracteriza como un método instructivo eficaz (Cole, 2006; Pawan, 2008). En esta sección se discutirán los estudios que abordaron el reto de estudiar la eficacia del andamiaje. Aunque otros tipos de estudios, como los descriptivos basados en el andamiaje como dispositivo, pueden informar muy bien sobre los procesos de andamiaje, no permiten conclusiones causales. Para evaluar la eficacia del andamiaje, el enfoque debe, obviamente, estar sobre los resultados del estudiante. Sin embargo, la evaluación de la eficacia de los andamios depende también – entre otros– de los objetivos establecidos por los autores. Estos objetivos se refieren, principalmente, a las actividades cognitivas o metacognitivas de los estudiantes, en contraste con las estrategias y las características clave del andamiaje, a saber, la contingencia, el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad.

Meinderstma et al. (2013) evaluaron la influencia del contexto material y social sobre el nivel de comprensión de un grupo de quince estudiantes de preescolar, al analizar el razonamiento científico de fenómenos físicos. Por un lado, se estudiaron las tareas y cómo éstas provocan diferentes niveles de rendimiento y, por otro, la influencia del contexto social, particularmente sobre las acciones verbales de los adultos. Con respecto al primer estudio, los niños mostraron claras diferencias al hacer las tareas según el nivel. Esto sugiere que las *affordances* de las tareas son diferentes.

En el segundo estudio, se analizó el comportamiento verbal (motivación, preguntas abiertas, preguntas cerradas, dar información, instrucción) de los adultos, según los protocolos (protocolo de evaluación, protocolo adaptativo) ejecutados para trabajar con los niños. Así, se muestra cómo el adulto usa como comportamientos verbales más frecuentes la motivación y las preguntas abiertas, con respecto al protocolo de evaluación que es el más estructurado.

En esta dirección, el alto grado de estructura no sólo puede ser una forma de andamiaje de la tarea, sino que también está relacionado con el andamiaje social. El adulto que usa el protocolo de prueba, repite constantemente el mismo orden de preguntas: predicción, explicación, observación y explicación. El protocolo de prueba dio como resultado el nivel de complejidad máxima para las explicaciones. Esta repetición puede considerarse un andamio para el desempeño de los niños, aunque las investigaciones previas se centraron principalmente en el apoyo directo, en lugar de la estructuración de tareas (Hsin & Wu 2011; van Geert & Steenbeek, 2005). Al formar parte directamente de las características clave del andamiaje (van de Pol et al., 2010), se podría vincular a la transferencia de responsabilidad. Al asumir la responsabilidad de estructurar la tarea, el estudiante alcanza un nivel máximo. Siguiendo otra característica clave del andamiaje, la contingencia, se espera que la adaptación al nivel del preescolar conduzca a mayores niveles de rendimiento. Sin embargo, los resultados indicaron lo contrario: en este estudio, el protocolo menos adaptativo mostró los niveles máximos de razonamiento. El andamiaje se estudia principalmente en el campo de los procesos de aprendizaje; esto significa que, en situaciones de evaluación, la adaptación del adulto puede no ser el factor clave para obtener niveles más altos de razonamiento. En cambio, un aprendiz podría tener un mejor desempeño en condiciones más estructuradas.

Otro estudio perteneciente a esta categoría es el desarrollado por Berland & McNeill (2010), quienes caracterizaron los argumentos de estudiantes de primaria, secundaria y media, teniendo en cuenta el ambiente de instrucción con respecto a tres dimensiones: (1) contexto instruccional; (2) producto argumentativo; y (3) proceso argumentativo. Estas dimensiones se visualizan como herramientas para analizar el trabajo de los estudiantes sobre argumentación científica y como apoyo para los mismos. Los andamios ayudaron a los estudiantes a entender las expectativas de su participación en la discusión

argumentativa, y así mismo proporcionaron apoyo general y específico del contexto. Esta es una forma en que los educadores pueden reducir la complejidad del contexto instruccional, lo que puede permitir que los estudiantes tengan mayor éxito en la argumentación científica. Haciendo relación con el proceso argumentativo, se observaron tres características: (1) la participación de los estudiantes en el discurso argumentativo es motivada por su maestro; (2) el maestro y los estudiantes comparten la responsabilidad de impulsar el argumento; y (3) los estudiantes se involucran espontáneamente en el discurso argumentativo. Un resultado relevante es la promoción de normas de aula que apoyen las interacciones entre pares (estudiante-estudiante), con el fin de mejorar, en alguna medida, el discurso argumentativo y por ende la argumentación en clase de ciencias.

También se reporta que, a medida que la edad y el nivel escolar aumentan, los argumentos son más elaborados. En este sentido, los niveles de los andamiajes están directamente relacionados, ya que, a medida que la complejidad de la argumentación incrementa, entonces el andamiaje se hace ausente. Esto significa que en el contexto instruccional donde surjan tópicos complejos a temprana edad y se relacionen con niveles escolares principiantes, los andamiajes deben ser detallados, con el fin de que el estudiante pueda, por sí solo, argumentar científicamente.

La complejidad del contexto instruccional puede reducirse definiendo el espacio del problema, lo cual puede permitir a los estudiantes tener mayor éxito en la argumentación científica (McNeill & Krajcik, 2009). Por lo tanto, al diseñar las lecciones, los diseñadores del plan de estudios y los maestros deben considerar cómo desarrollar contextos de instrucción más sencillos, con más apoyos, que hagan las expectativas más explícitas. Con el tiempo, se pretende refinar las habilidades argumentativas nacientes de los estudiantes, para que puedan utilizar criterios para evaluar argumentos científicos del mundo real. En consecuencia, los andamios que se proporcionan a los estudiantes deben disminuir o desvanecerse, y el contexto instruccional debería ser más complejo a lo largo del tiempo para apoyar a los estudiantes en su autonomía (McNeill et al., 2006).

En resumen, algunos autores asumieron el desafío de realizar estudios de eficacia en el andamiaje y proporcionaron hallazgos útiles. Los resultados de los escasos estudios con tutoría individual y tareas simples sobre las actividades cognitivas y metacognitivas de los

estudiantes, indican que el andamiaje es efectivo, de manera que la investigación futura podría enfocarse en situaciones de clase más naturalistas, con todo tipo de tareas.

Nos preguntamos por qué este tipo de investigación es relativamente escasa. Realizar estudios de eficacia en educación en ciencias es una tarea complicada, que requiere mucho tiempo, dedicación y esfuerzo. Además, estudiar los andamios de una manera rigurosa y sistemática parece ser especialmente complejo, porque el andamiaje es un concepto dinámico. Esto también se aplica, en alguna medida, a los estudios del andamiaje como dispositivo.

El andamiaje en la formación de profesores. Esta categoría está descrita en términos de la relevancia que se otorga a programas de formación docente centrados en la promoción de procesos de andamiaje, en diferentes niveles de formación, en tanto se puede vincular como un factor de identidad profesional, así como propender por desarrollar un modelo conceptual enfocado en los elementos clave del andamiaje: contingencia, desvanecimiento y transferencia de responsabilidad, buscando, en última instancia, la autonomía del aprendiz. La figura 1 muestra dos estudios pertenecientes a esta categoría de análisis, el número 9 y el 12.

Melville et al. (2012), estudian la influencia del andamiaje sobre la constitución de las identidades de los maestros en formación como profesores de investigación. El análisis de la narrativa general del estudio plantea dos temas principales. El primero, es la importancia de la investigación del andamiaje como una estrategia para involucrarse en los discursos, experiencias y emociones que son fundamentales para la constitución de la identidad desde la perspectiva post-estructural. El segundo tema, estrechamente relacionado con el primero, es la experiencia que ellos tengan en investigación. Igualmente, el estudio destaca dos aspectos en torno a la constitución de la identidad y el andamiaje de la investigación. De una parte, que el andamiaje puede contribuir a la constitución de la identidad, si se opera a través del discurso, las experiencias y las emociones, y de otra parte, que la oportunidad de llevar a cabo una investigación abierta, enmarcada en el contexto de la enseñanza y el aprendizaje, proporciona una oportunidad para apreciar el valor de la investigación como una estrategia de aula. Esta apreciación es importante si los maestros deben desarrollar el conocimiento teórico y práctico y habilidades sobre la ciencia, el aprendizaje y la

enseñanza de las ciencias. El estudio está en línea con lo que plantea Pea (2004), quien ha identificado cuatro características importantes del andamiaje: desvanecimiento, canalización, enfoque y modelamiento, y cada una tiene un lugar particular en el desarrollo de una identidad que apoye la enseñanza de la investigación. Si la investigación debe ser un andamiaje, entonces también es necesario relacionar constantemente la investigación con las prácticas de la clase, ya que esto modela todo el proceso, relacionando efectivamente la teoría y la práctica. Para ser eficaz, este modelo debe basarse en las experiencias auténticas del formador de maestros de ciencias.

Por su parte, el estudio de caso de Ramnarain & Hobden (2014) tiene como propósito averiguar en actividades de laboratorio, qué estrategias utilizan un grupo de cinco profesores de secundaria cuando proporcionan apoyo a los estudiantes al realizar investigaciones prácticas, y por qué apoyan a los estudiantes de la manera en que lo hacen. Los maestros usaban una serie de estrategias de apoyo, dependiendo de la etapa de la investigación. Sobre la base de estos hallazgos, se formuló una progresión del aprendizaje para aumentar la autonomía del estudiante, que los profesores pueden utilizar para guiarlos en el uso de estrategias de apoyo adecuadas, a medida que se genera una mayor autonomía en las investigaciones. El estudio revela que los maestros perciben que tienen un papel fundamental que desempeñar en el apoyo a los estudiantes, y lo hacen a través de las habilidades de modelamiento necesarias, presentando una variedad de preguntas y proporcionando pistas. Existen pruebas que sugieren que la naturaleza del apoyo puede explicarse en términos de la noción de andamiaje ya mencionada. Los maestros reconocen que la investigación es un proceso complejo y que los estudiantes no pueden poseer la experiencia requerida sin guía. En las estrategias de apoyo empleadas por el maestro, hubo un fuerte énfasis en que los estudiantes alcanzaran niveles más altos de competencia. Los maestros perciben que la complejidad de la investigación es demasiado abrumadora para los estudiantes que carecen de experiencia. Se proporcionó andamiaje cuando los maestros reconocieron que los estudiantes no poseían habilidades prácticas, especialmente en el uso de aparatos. Los maestros comparten la opinión de que los estudiantes necesitan recibir instrucción deliberada en estas habilidades, en lugar de permitir que estas habilidades se desarrollen intuitivamente durante la investigación. Una de las estrategias de apoyo para los estudiantes, enmarcadas en el plano de lo afectivo, que cobra significado, son las

sugerencias que los profesores ofrecieron cuando los estudiantes no estaban progresando en una investigación. Las técnicas de cuestionamiento a través de todas las etapas de la investigación motivaron a los estudiantes a reflexionar sobre lo que estaban haciendo, lo que puede desempeñar un papel fundamental para ayudar a los estudiantes a alcanzar una sensación de estructura y dirección en una investigación.

La aplicación de las investigaciones científicas en las escuelas plantea un nuevo desafío para los docentes, ya que señala una oportunidad para pasar de un enfoque centrado en el docente, a un enfoque centrado en el estudiante en la investigación práctica. Los profesores se enfrentan ahora a una situación de abandono de su control tradicional en el aula, pasando al uso de estrategias de apoyo para facilitar el progreso de los estudiantes hacia una mayor autonomía. Este tipo de estudios demuestra que los profesores pueden ofrecer los tipos de andamiaje necesarios para guiar a los aprendices a través de las diversas etapas de las investigaciones, a medida que toman sus primeros pasos hacia la autonomía.

Aportes que establecen vínculos entre categorías

En primer lugar, es relevante identificar cómo los estudios sobre andamiaje en educación en ciencias comparten puntos de encuentro, en cuanto a los desarrollos conceptuales y metodológicos que proponen. De esta forma, la figura 1 muestra cómo la categoría Andamiaje como Dispositivo (AD) se relaciona con las demás categorías de la siguiente manera: Eficacia del Andamiaje (EA), con los estudios 5, 7, 10, y 13; Andamiaje en la Formación de Profesores (AFP), con el estudio 4; y Andamiaje como Estrategia de Evaluación (AEE), con el estudio 8. Para dar claridad, estos aportes se discutirán en tres segmentos, dando énfasis al orden de las relaciones señaladas.

Andamiaje como Dispositivo (AD) – Eficacia del Andamiaje (EA). El vínculo establecido entre estas dos categorías se define en términos de la relevancia que posee el diseño de los andamios y la eficacia en el mayor control que tiene el estudiante sobre el proceso de aprendizaje, así como el logro de su autonomía cuando éstos se ponen en marcha.

En primer lugar, Ford & Wargo (2011) proponen un marco de andamiaje para el análisis de las unidades de enseñanza, en un curso de biología evolutiva con estudiantes de

educación media. Los estudiantes simulaban interacciones de biólogos evolutivos, que implicaron criticar las afirmaciones de los demás, defendiendo sus propias propuestas de investigación, argumentando los puntos relevantes de la especiación usando datos y creando modelos para representar sus afirmaciones. En este sentido, la estructuración dialógica del contenido puede proporcionar un apoyo inicial al compromiso de los estudiantes en la argumentación. Este análisis conduce a la conclusión de que la instrucción sirve de plataforma para que los estudiantes entiendan la teoría de la selección natural de manera dialogada, en términos de (1) el uso de esta idea para explicar los fenómenos naturales; (2) la conciencia de que la selección natural es una entre una multiplicidad de explicaciones alternativas; y (3) que la selección natural es superior a estas alternativas a partir de una evaluación que implica relacionarla con la evidencia, y considerar cómo fomenta nuestra comprensión de los fenómenos naturales que explica. Se observa que, contrariamente a las expectativas del estudio, los estudiantes no estaban comprometidos durante la unidad de instrucción en la argumentación científica bajo el apoyo del maestro. Así, las actividades a lo largo de todo el diseño instruccional parecían muy monológicas discursivamente, tanto en términos de la estructura como del control del profesor. Si los estudiantes necesitan saber cómo argumentar para aprender, entonces necesitan aprender a discutir primero. Por otra parte, la capacidad de argumentar implica al menos cierto nivel de comprensión del contenido mismo, pues si se tiene poca comprensión de él, no se puede argumentar con él o acerca de él. El hallazgo, a modo de hipótesis, es que ser capaz de usar ideas científicas para explicar y argumentar, requiere haber conectado estas actividades a estas ideas, de la forma en que fueron aprendidas.

Por su parte, el estudio de Hamza & Wickman (2012) analiza qué tipo de apoyo necesitan los estudiantes para avanzar hacia una mayor competencia en ciencias en la educación secundaria, específicamente en el área de química. Los resultados muestran que si al estudiante se le anima a participar en lo que los autores denominan investigaciones taxonómicas relacionadas con el material presente en una actividad científica de la escuela, esto, en algunas oportunidades, puede tener como consecuencia que al estudiante se le recuerde el conocimiento que posee, pero cuya relevancia para la actividad actual no había apreciado hasta que la investigación taxonómica se llevó a cabo. En otras ocasiones, pueden ayudar al estudiante a relacionar los conceptos y categorías de explicaciones

generalizadas de un tema de la ciencia con la actividad actual. Finalmente, las investigaciones taxonómicas y correlacionales pueden interactuar para apoyar el aprendizaje de qué incluir o excluir de la actividad, con lo que se demuestra que el aprendizaje de los estudiantes en ciencias no sólo se reduce a hacer conexiones entre una serie de grandes ideas o conceptos centrales del área en cuestión, sino también a hacer estas ideas continuas con distinciones y correlaciones particulares pertenecientes a los fenómenos concretos que enfrentan los estudiantes en el aula. Por lo tanto, aunque el apoyo del investigador consistió en algo más que invitar al estudiante a realizar investigaciones taxonómicas y correlacionales conjuntas, los resultados de este estudio demuestran aspectos del aprendizaje de la ciencia que van más allá de los generalmente considerados en la literatura del andamiaje.

Como señalamos con anterioridad, el andamiaje se ocupa principalmente de varios tipos de apoyo temporal que, en última instancia, se pretende eliminar, ya que el estudiante ha adquirido el nivel adecuado de competencia. Este tipo de andamiaje también se dio en el presente estudio para apoyar el aprendizaje, no sólo de explicaciones generalizadas, sino también de distinciones y correlaciones pertenecientes al concepto de celda galvánica. Estos hallazgos también pueden ser vistos como descripciones de los procesos involucrados en la apropiación de herramientas socioculturales, por ejemplo, los conceptos de electroquímica durante las actividades escolares de la ciencia. Los autores de este estudio sugieren que la introducción de investigaciones taxonómicas y correlacionales en una actividad de aprendizaje, podría constituir una forma más enfocada y deliberada de apoyar activamente este proceso de apropiación en el aula de ciencias. También pueden ser vistos como un relato detallado de los procesos por los cuales los estudiantes sitúan lo que aprenden durante una actividad científica escolar, tanto en los detalles y contingencias de esa actividad, como en las explicaciones generalizadas del tema. En este sentido, los estudiantes aprendieron aspectos tales como qué incluir o excluir, o qué conocimiento es relevante para la actividad, que comúnmente se asocia con el aprendizaje situado y su metáfora de participación concomitante (Scott, Asoko & Leach, 2007), con el fin de mostrar que estos aspectos estaban estrechamente ligados a las posibilidades de los estudiantes para dar una explicación científica acerca de cómo funcionaba su celda

galvánica, es decir, con el conocimiento más frecuentemente asociado con la adquisición de los conceptos y generalizaciones de la ciencia.

En el estudio realizado por Danish, Saleh, Andrade & Bryan (2016), quienes analizan la relación entre las respuestas de los estudiantes y la ayuda que reciben a medida que las construyen, reportan que hay un valor real en mirar hacia el constructo de la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) para guiar la evaluación del razonamiento de los estudiantes de primaria elemental sobre conceptos de sistemas complejos, y de hecho, este constructo puede ayudar a descubrir diferentes niveles de capacidad para los estudiantes de todas las edades. En particular, la ZDP proporcionó un marco para dos pasos analíticos claves: ayudó a identificar la diferencia entre los estudiantes que pueden demostrar su comprensión en un contexto de entrevista con poca ayuda, frente a los que requieren alguna ayuda, y aquellos que no entienden el contenido lo suficientemente bien para realizar la tarea de una manera experta, incluso con la asistencia. Este es un primer paso importante para comenzar a explorar la interrelación entre los conocimientos de los estudiantes sobre cómo funciona un sistema, y su conocimiento y habilidad para involucrarse en formas normativas de describir un sistema en esos términos. Un aspecto de este enfoque que ayuda a que estos patrones sean visibles, es el enfoque en las prácticas de los estudiantes, destacando la manera en que hablan sobre el contenido, con y sin ayuda. La literatura sobre prácticas ha señalado hace mucho tiempo que los estudiantes que comprenden un concepto, no pueden ser evaluados como tales si no saben transmitir su comprensión apropiadamente, dentro de los contextos en los que están siendo evaluados (Greeno, 2011). El trabajo en este espacio se ha centrado, en gran medida, en cómo se desarrollan las prácticas, o cómo se podrían utilizar para comprender mejor el aprendizaje. El objetivo al combinar este trabajo con la noción de la ZDP, es comenzar a dilucidar las distinciones entre los estudiantes que no entienden cómo se comporta un fenómeno, de quienes lo hacen pero no entienden las normas locales para articular su comprensión. Como indica este estudio, muchos estudiantes no describen inicialmente un sistema usando términos de sistemas complejos o mecanismos profundos; sin embargo, algunos lo hacen rápidamente a medida que avanzan, mientras que otros nunca lo aclaran, lo que sugiere que todavía no entienden el concepto, ni cómo articularlo.

A medida que la instrucción continúa enfocándose en la intersección entre habilidades, tales como describir un fenómeno y predecir cómo se desarrollará, también es posible

reconocer estas interconexiones en nuestras evaluaciones. El pensamiento sistémico parece ser particularmente fructífero para explorar esto, ya que la instrucción de sistemas complejos a menudo se centra en fenómenos que soportan descripciones exactas, pero sin matices de sentido común, así como descripciones mecanicistas más robustas. Además, ayuda a demostrar diferentes áreas en las que los estudiantes pueden necesitar ayuda, para que la instrucción futura pueda ser planeada en consecuencia. Los investigadores que trabajan dentro de cada uno de estos marcos, han limitado su análisis a su marco de elección. Sin embargo, a medida que pensamos en los tipos de desempeño que se espera que los estudiantes posean a lo largo de su carrera escolar y más allá, será importante explorar cómo la capacitación y la capacidad en estos marcos dispares pueden traducirse en competencia o experiencia percibida. Se cree que la ZPD proporciona un marco para exploraciones más profundas respecto a cómo los niños pequeños aprenden conceptos complejos. Esto es particularmente valioso en el contexto del pensamiento sistémico, en el que el campo en su conjunto no está totalmente de acuerdo en cómo deben analizarse los sistemas específicos. Este enfoque, para el uso de la ZPD de esta manera, también reconoce la naturaleza intrínsecamente interactiva del compromiso de los estudiantes con los conceptos de sistemas. Así como los sistemas que estudian los estudiantes no se comprenden fácilmente en un momento estático del tiempo, se cree que el conocimiento de los estudiantes sobre los sistemas debe ser situado y dinámico, y por lo tanto el propósito es utilizar herramientas como la ZPD para empezar a articular esas relaciones importantes, tanto para los investigadores como para los educadores.

Finalmente, el estudio de Buck (2016) contempla el uso y/o la aplicación de ideas asociadas con la alfabetización cosmológica en un grupo de estudiantes universitarios. Este trabajo parte de la perspectiva teórica según la cual, revelar la competencia de los estudiantes debe ser una parte esencial de la investigación en educación científica, y se guía por la teoría sociocultural. La actividad de dibujar las visualizaciones en grupos crea espacios fluidos, híbridos, donde los estudiantes pueden enfrentarse directamente con el contenido cosmológico, mientras se acercan al lenguaje de la ciencia. A la luz de estos hallazgos, la autora sostiene que incorporar cuidadosamente la actividad de colaboración en torno a la interpretación de las visualizaciones en los entornos de aprendizaje, puede mejorar el acceso al contenido de cosmología para los estudiantes. Los resultados pueden

resumirse alrededor de dos temas, cada uno de los cuales aborda una pregunta de investigación. El primer tema se refiere a cómo los estudiantes están, o no, discutiendo las ideas que se asocian con los cosmólogos profesionales, o la alfabetización cosmológica; el segundo, se refiere a estrategias para discutir y negociar el contenido científico de las visualizaciones. Estos resultados apoyan el poder de la heterogeneidad como parte productiva de la actividad en el aula de ciencias, en particular para los estudiantes, como proponen Rosebery, Ogonowski, DiSchino & Warret (2010). El trabajo de los estudiantes se llevaba en un espacio colaborativo y fluido, donde el lenguaje podía pasar de lo académico a lo cotidiano, del fenómeno real al fenómeno análogo. Esta heterogeneidad permite a los estudiantes observar y describir procesos con competencia, sin adoptar de inmediato el lenguaje académico. Para los estudiantes esto fue particularmente poderoso, ya que se sentían más cómodos con el contenido de la visualización. La teoría sociocultural plantea que el lenguaje es un poderoso mediador de la actividad y una manifestación de la acción, por lo que no podemos considerar el hacer de la ciencia sin considerar el lenguaje de la ciencia. Cuando los estudiantes participan activamente en la ciencia hablada junto con contenido y contextos auténticos, utilizando una combinación de vocabulario y discursos, gradualmente adoptarán ideas y lenguaje científicos (Ash, 2008; Lemke, 1990). Esto requiere que los educadores brinden a los estudiantes oportunidades para practicar el lenguaje de las ciencias, tanto como sea posible en el aula. Algunos investigadores² critican la analogía como una herramienta para enseñar ciencia, señalando que ninguna analogía es perfecta, y que esto puede introducir conceptos erróneos. Esta conceptualización tradicional de la analogía es limitada por su adhesión a un marco tradicional para el aprendizaje de la ciencia, que ve lo cotidiano y lo científico como dicotómico. Si ampliamos nuestra visión de la trayectoria de aprendizaje para ver las ideas de los estudiantes como productivas y situadas, entonces el peligro de la analogía parece menos inminente. En este orden de ideas,

² Mary Hesse, cuyo libro de 1966 sobre la importancia de la analogía con la ciencia es uno de los textos fundamentales del enfoque cognitivo del tema, presenta el ejemplo de la mecánica cuántica (2001). Las matemáticas de la mecánica cuántica requieren que las partículas elementales, como los electrones, sean tratadas como partículas y como ondas. Así, para entender el átomo, no podemos usar el análogo de el sistema solar, que compara los electrones con los planetas, tampoco podemos usar el análogo de una piedra en un estanque, que compara las regiones alrededor de un átomo donde existe una alta probabilidad de encontrar la Electrón a las ondas que emanan desde el punto en que dejamos caer el guijarro. No existe una buena analogía que nos ayude a comprender la dualidad de la onda-partícula, y esto ha planteado un obstáculo importante para que tanto los científicos como los educadores intenten traducir las matemáticas a la comprensión conceptual.

los estudiantes se sienten atraídos por hacer lo que no es familiar, cercano, y en un dominio como la cosmología, donde los fenómenos son muy poco familiares, algo que puede ser una poderosa herramienta para la mediación de la actividad de aprendizaje. Sin embargo, gran parte de la alfabetización cosmológica es muy difícil de conceptualizar visualmente (Buck, 2013): energía oscura, materia oscura, interacciones gravitacionales y sistemas organizados en escalas demasiado grandes para ser vistas a través del ocular de un telescopio. La actividad colaborativa en torno a las visualizaciones científicas, posibilita ayudar a los estudiantes a dar sentido a estas ideas complejas e inobservables, apoyándolos mientras construyen la comprensión.

Andamiaje como Dispositivo (AD) y Andamiaje en la Formación de Profesores (AFP).

El estudio número 4 establece un vínculo entre la categoría Andamiaje como Dispositivo (AD) y Andamiaje en la Formación de Profesores (AFP). En términos de la primera categoría, se da relevancia al diseño del programa de formación o capacitación docente, donde el foco de interés conceptual y metodológico es el andamiaje que usa el maestro para movilizar el proceso de aprendizaje de las ciencias. Por su parte, la categoría AFP está descrita en términos de la relevancia que se otorga a programas de formación docente centrados en promover procesos de andamiaje en diferentes niveles de formación, buscando con ello un factor de identidad profesional centrado en los elementos clave del andamiaje: contingencia, desvanecimiento, transferencia de responsabilidad, con miras, en última instancia, a la autonomía del aprendiz.

En este sentido, Emig, McDonald, Zembal-Saul & Strauss (2013) utilizan el mapeo analógico como un andamio para hacer argumentos en grupos pequeños (4 estudiantes por grupo). Los participantes de este estudio son 55 profesores en ejercicio, de nivel de primaria, que toman un curso electivo de ciencias y el objetivo principal es analizar cómo la argumentación y la analogía se combinan en el estudio de máquinas simples y sirven como andamio en la comunicación del aprendizaje. De esta forma, en primer lugar se da relevancia al diseño de andamios que logren cumplir el objetivo del programa de formación, con lo cual éstos funcionan como dispositivos. Por lo tanto, los autores reportan que las analogías pueden afectar positivamente la comunicación y la argumentación, cuando se trabaja en grupos pequeños. Así mismo, proporcionan hallazgos cualitativos

basados en el análisis del discurso que describen cómo se ve este proceso de vinculación de la analogía y la argumentación, donde la analogía sirve de andamio para la argumentación. En ese sentido, al combinar la argumentación y la analogía, esta investigación proporciona una manera de hacer de la analogía un proceso, como muchos investigadores han recomendado para la educación científica, con lo cual el argumento por analogía ofrece una manera de andamio para la argumentación, con el fin de que los estudiantes aprendan el contenido. Además, se plantea que las secuencias de razonamiento dejan ver que la invitación a utilizar la analogía y el mapeo analógico andamiaban los grupos en su argumentación hacia el discernimiento de definiciones y descripciones. Este estudio revela el proceso de argumentación con sus enunciados deícticos y co-construidos en el tópico de las máquinas simples, como el contexto análogo, requiriendo discernimiento y significados compartidos.

Crujeiras y Jiménez-Aleixandre (2015) analizan las prácticas de contextualización de tres pequeños grupos de profesores, que cursan el master, durante la realización de una indagación en el laboratorio que supone la participación en las prácticas científicas. El objetivo es examinar los desafíos planteados por una actividad abierta, a través del análisis del proceso de contextualización (cómo evitar el oscurecimiento en las manzanas cortadas), transformándolo en decisiones y acciones prácticas. Se examina igualmente la influencia del tipo de andamiaje proporcionado por los docentes para guiar a los participantes en el proceso de resolución de la tarea. Las estrategias generales utilizadas por los docentes son las mismas (preguntas abiertas, activación del conocimiento teórico para resolver el problema, indicaciones sobre la planificación de la investigación y pistas), pero la forma de utilizarlas es diferente, por ejemplo, en la activación del conocimiento teórico. Esta estrategia es clave para la resolución más o menos adecuada de la tarea: uno de los docentes hace hincapié en la activación del conocimiento biológico para que lleguen a identificar la reacción como enzimática; mientras que otro docente hace hincapié en la activación del conocimiento químico (oxidación). Estas estrategias de apoyo podrían estar relacionadas con los resultados obtenidos en los grupos de docentes, en los que se identifica la reacción como enzimática mientras que el otro como una oxidación.

Andamiaje como Dispositivo (AD) y Andamiaje como Estrategia de Evaluación

(AEE). El estudio número 8 establece un vínculo entre la categoría Andamiaje como Dispositivo (AD) y Andamiaje como Estrategia de Evaluación (AEE). En términos de la categoría AD, se da relevancia al diseño del andamiaje que usa el maestro para movilizar el proceso evaluativo en este caso específico. Como estrategia evaluativa, el andamiaje se enfoca en tener en cuenta la evaluación diagnóstica y formativa que se hace permanentemente, con el fin de transferir responsabilidad, a medida que se retira gradualmente el andamio que se está poniendo en marcha.

En este orden de ideas, Kang, Thompson & Windschitl (2014) estudian cómo, y por qué, determinadas formas de andamiaje incorporadas en las evaluaciones apoyan la construcción de explicaciones escritas en un grupo de estudiantes de primaria. Así, los autores reportan cinco tipos de andamiaje en las evaluaciones, que permitieron a los estudiantes hacer explícito su razonamiento: (1) usar fenómenos contextualizados; (2) rúbricas; (3) listas de verificación; (4) marcos de frases; y (5) motivar a los estudiantes a dibujar explicaciones de modelos en combinación con explicaciones escritas. Estas formas de andamiaje se asociaron significativamente con la calidad de la explicación del estudiante, incluso cuando se controló la varianza del maestro y los antecedentes del estudiante. Para maestros y educadores de maestros de ciencias que estén interesados en diseñar tareas de evaluación para apoyar y mejorar el aprendizaje de los estudiantes, este estudio propone usar una combinación de dos o más tipos de andamios de alta calidad, incluyendo el uso de fenómenos contextualizados. Este uso tiene implicaciones, por supuesto, tanto para la instrucción como para la evaluación. En estos términos, se cree que la evaluación y la instrucción deben estar entrelazadas más de lo que actualmente están, y no tratadas como eventos separados. Si los maestros pueden ver más de lo que sus estudiantes son capaces de hacer a través de evaluaciones bien diseñadas, habrá nuevas oportunidades para estudiar cómo usan estas ricas formas de datos para tomar decisiones de instrucción que atiendan las necesidades de diferentes grupos de estudiantes. Con el andamiaje, la calidad de la información en la que se basan las decisiones es mucho mayor que sin ella. Esto se puede ver como una palanca para promover el rigor y la equidad en la enseñanza en el aula.

Conclusiones e implicaciones

Con el fin de dar claridad a lo que se ha presentado en investigaciones de corte descriptivo y experimental con respecto al andamiaje, haciendo referencia a que no todo lo que el profesor realiza en el aula con el fin de propender por el aprendizaje y la autonomía del estudiante es considerado andamiaje, se deben tener en cuenta los aportes de Reigosa & Jiménez-Aleixandre (2007), quienes plantean que para que exista andamiaje, debe promoverse la contingencia, el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad, argumentando que si alguno de estos elementos no se logra, no se puede hablar de andamiaje, ya que el andamiaje que no funciona no puede llamarse tal, según estos autores.

En esta misma dirección apuntan las investigaciones de Ruiz-Primo & Furtak (2007), quienes diseñan un modelo de enseñanza contingente, donde su finalidad es promover el andamiaje cuando se tiene como etapas fundamentales la diagnosis, la respuesta del estudiante y la evaluación permanente. En este modelo se pretende que el profesor realice un diagnóstico permanente, así como una evaluación formativa que tenga como característica fundamental la contingencia.

Otro factor destacable a la hora de analizar el constructo del andamiaje es la Zona de Desarrollo Próximo y la relación explícita, que han propuesto autores como Vygotsky (1978) y Cazden (1983), quienes iniciaron las conceptualizaciones en torno a nociones como enseñanza, aprendizaje y autonomía. Esta claridad es pertinente ya que diferentes estudios que se han reportado en la actualidad, consideran el andamiaje como un concepto sinónimo de apoyo, perdiéndose así la riqueza conceptual de las fuentes originales, por lo que su desarrollo pierde rigurosidad y, por lo tanto, el andamiaje queda reducido a un apoyo que no tiene trasfondo conceptual, ni mucho menos metodológico.

En suma, queda claro con lo anterior que no todo lo que hace el profesor por mejorar el aprendizaje de sus estudiantes se puede considerar andamiaje, pues si fuera de esta forma, su constructo teórico carecería de un modelo conceptual que subyace en los desarrollos del enfoque histórico cultural y que tienen presente la interacción social como fuente que erige el proceso de enseñanza y aprendizaje, y en este último, la autonomía de quien aprende, cuando el andamiaje es el factor que está de por medio.

Finalmente, en términos generales, la variedad de los estudios presentados ofrece ricos relatos de andamiaje en el aula. Muestra las apariencias que el andamio puede tomar en

contextos diferentes, y nos informa sobre las muchas estrategias que se pueden utilizar. La contingencia del apoyo se operacionalizó con relativa frecuencia, en comparación con el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad.

En la presente revisión se observan algunas relaciones de interés que demuestran que el andamiaje en educación en ciencias puede proveer diferentes perspectivas de investigación, y que cada una de las categorías aquí expuestas pueden ser líneas promisorias para futuras investigaciones respecto a la promoción del andamiaje como proceso que permea el diseño instruccional, las estrategias evaluativas, la formación del profesorado y la eficacia de la interrelación de estos mecanismos, con el fin de mejorar, en alguna medida, la autonomía del aprendiz en este proceso de andamiaje adaptativo. Esto significa, en consonancia con Lin et al. (2011), que los estudios empíricos más sistemáticos se centran en cómo los procesos de andamiaje influyen en el crecimiento cognitivo de los estudiantes, en lugar de examinar sólo los resultados del aprendizaje.

Como perspectivas futuras de investigación, se puede plantear el andamiaje como factor de identidad profesional del profesor de ciencias, que queda expuesta de manera incipiente en el trabajo de Melville, Bartley & Fazio (2012). También, la apuesta por realizar trabajos que muestren ambientes más estructurados, donde prevalezcan los tres elementos clave del andamiaje, a saber, la contingencia, el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad, y no reducirlo ya sea a la contingencia y/o a la transferencia de responsabilidad, quedando en deuda el desvanecimiento, como se muestra de manera general en los estudios analizados en la presente revisión.

Igualmente, es relevante que se otorgue claridad y se dé relevancia a la discusión sobre la conceptualización original del andamiaje, y no se asuma como un concepto *sombrilla*, donde todo lo que el maestro realiza en el aula de clase podría ser considerado como andamiaje.

1.2. Revisión de investigaciones sobre el PCK en Enseñanza de las Ciencias.

Direcciones actuales y futuras

Resumen

Esta revisión de literatura permite actualizar el estado de la cuestión con el aporte de las investigaciones sobre Conocimiento Pedagógico del Contenido, del inglés Pedagogical Content Knowledge, en el periodo comprendido entre 2008 al 2017 dando a conocer cuál es la relevancia que tiene en la enseñanza de las ciencias. La revisión se llevó a cabo en revistas especializadas pertenecientes a las bases de datos: Social Sciences Citation Index, Science Direct y Scopus. El enfoque de la actualización apunta en cinco direcciones: a) conceptualización, características del PCK y caracterización en los profesores; b) su relación con el aprendizaje de los estudiantes; c) empleo en la formación de profesores; d) relación entre componentes y d) tópicos de ciencia donde ha sido estudiado. En síntesis, la convergencia de los anteriores elementos pone de manifiesto que el PCK tiene la característica de ser un modelo teórico complejo y sustancial cuya finalidad radica en la formación del profesor de ciencias en todos los niveles educativos.

Introducción

Según Kind (2009), tener grado académico en el área científica no es ninguna garantía de poder enseñar ciencias de manera efectiva. En este orden de ideas, es necesario auscultar qué conocimientos son necesarios para la enseñanza, y parece ser relevante cuestionarse en dos sentidos. El primero de ellos, considerar los estudios que hacen hincapié en las características que debería tener un profesor para poder enseñar efizcamente (Gipps, 1999; Wragg, Wragg, Haynes, y Chamberlin, 1998). El segundo, se tiene que incurrir en el conocimiento profesional del profesor, según como lo plantea Bolivar (2005), es decir, qué deben conocer y hacer los profesores, y qué categorías de conocimiento se requieren para ser competente.

En esta línea, surgen los planteamientos de Shulman (1986) quien introdujo el concepto Conocimiento Pedagógico del Contenido (en adelante PCK). Para este autor, el PCK configura lo que los profesores piensan acerca de cómo el contenido se debe enseñar, e incluye las formas de representación y la formulación de la materia que la hacen

comprensible a los estudiantes. Shulman (1987) describe el PCK como “la especial amalgama de contenidos de la disciplina y pedagogía que es exclusiva de los profesores, su propia y particular forma de conocimiento profesional” (p. 9). En este sentido, este conocimiento distingue a un profesor de ciencias de un científico ya que se encuentra en la intersección del contenido y la pedagogía, que incluye saber qué aspectos del contenido pueden aprender los estudiantes en una determinada etapa de desarrollo, cómo presentárselos y cómo conducirlos a diferentes comprensiones conceptuales (Loucks-Horsley, Hewson, Love y Stiles, 1998; Loughran, Mulhall y Berry, 2004).

Desde sus inicios, el PCK se ha transformado en un modelo conceptual que intenta explicar los aspectos implicados (disciplinares y pedagógicos) en la enseñanza de las ciencias. Desde esta perspectiva, según como lo menciona Verdugo-Perona, Solaz-Portolés y SanJose-López (2017), algunas organizaciones como la National Science Teachers Association (NAST, 2012), y la National Council for Accreditation of Teacher Education (NCATE, 2008), -las cuales se encargan de promover la excelencia y la innovación en la enseñanza de las ciencias-, se subraya el valor del PCK para la formación docente y el desarrollo profesional docente.

Por lo tanto, es recomendable reflexionar que el PCK constituye un modelo trascendental para la investigación del conocimiento del profesor de ciencias. Este modelo ha sido utilizado por una gran variedad de investigadores con diferentes tipos de profesores (en formación, en ejercicio, de primaria, de secundaria, de educación superior -siendo este último el de menos estudio-) y se han empleado para su caracterización entrevistas, cuestionarios, observación y registro de la práctica docente en el aula, etc. Un ejemplo de investigación sobre el PCK lo presenta el estudio de Hagevik et al. (2010). Esta investigación, utiliza el PCK en programas de cualificación de profesores de ciencias que siguen los estándares propuestos por la NAST.

El impacto del PCK se refleja en el gran número de artículos publicados a partir de la década de los 90, que pueden encontrarse en muchos journals de alta visibilidad en el área de la didáctica de las ciencias. Particularmente, son destacables los estudios de revisión publicados cuyo tema central es el PCK. De especial relevancia, por su rigurosidad, actualidad e interés son los de Hashweh (2005), Abell (2008), Park y Oliver (2008), Kind (2009) y Verdugo-Perona, et al (2017). También es importante destacar el número de libros

publicados de mayor impacto sobre PCK, en las lenguas inglesa, castellana y portuguesa: Gess-Newsome y Lederman (1999); American Association of Colleges for Teacher Education –AACTE (2008), Loughran, Berry y Mulhall (2012); Marcon (2013); Garritz, Lorenzo y Daza-Rosales (2014); Berry, Friedrichsen y Loughran (2015); Grangeat (2015) y Parga et al (2015).

Los investigadores han usado el PCK como un modelo conceptual para mejorar la formación de los profesores. Del mismo modo, lo han empleado para verificar su influencia sobre el aprendizaje de los estudiantes. No obstante, como lo plantea Kind (2009) se ha de tener en cuenta que el PCK es un conocimiento implícito y, por consiguiente, difícil de caracterizar. Sin embargo, resulta indiscutible, y estamos en línea con lo que proponen Verdugo-Perona et al. (2017), que si se quiere mejorar la enseñanza de las ciencias tendríamos que ser capaces de determinar los componentes o, mejor aún, la confluencia de componentes del PCK que hacen que un profesor sea más eficiente que otros para poder utilizarlos en programas de formación de profesores.

Preguntas de investigación

Según la contextualización anterior, se exhibe la pertinencia de reunir la información encontrada en la literatura respecto al PCK con el fin de dejarla al alcance de los investigadores, y de mostrar la motivación y los esfuerzos de la construcción teórica. Por lo tanto, las preguntas que orientan este estudio son:

- ¿Cuál es la conceptualización del PCK?
- ¿Cómo se caracteriza el PCK?
- ¿Cuáles son los componentes del PCK y cómo se relacionan?
- ¿Qué relaciones se han establecido entre el PCK y la comprensión de los estudiantes?
- ¿Qué instrumentos documentan el PCK?
- ¿Cómo se ha empleado el PCK en la formación de profesores?
- ¿Cuáles han sido los tópicos científicos involucrados en los estudios sobre el PCK?

Método

La búsqueda bibliográfica de la presente revisión se realizó de febrero a julio de 2018, en las bases de datos Social Sciences Citation Index, Science Direct y Scopus. De ellas, las revistas seleccionadas se relacionan en la tabla 2.

Tabla 2.

Revistas seleccionadas en la revisión de literatura.

	Nombre de revista
1	<i>Research in Science Education</i>
2	<i>Science Education</i>
3	<i>Journal of Research in Science Teaching</i>
4	<i>Journal of Teacher Education</i>
5	<i>International Journal of Science and Mathematics Education</i>
6	<i>International Journal Science Education</i>
7	<i>Journal of Science Teacher Education</i>
8	<i>Chemistry Education Research and Practice</i>
9	<i>Teaching and Teacher Education</i>
10	<i>American Educational Research Journal</i>
11	<i>Teaching Science</i>
12	<i>Enseñanza de las ciencias</i>
13	<i>Studies in Science Education</i>
14	<i>Journal of Educational Psychology</i>
15	<i>Physical Review Special Topics: Physics Education Research</i>
16	<i>African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education</i>
17	<i>Journal of Turkish Science Education</i>
18	<i>Revista Brasileira de Educação</i>
19	<i>Asia-Pacific Education Researcher</i>
20	<i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i>
21	<i>Cadernos de pesquisa</i>
22	<i>Educational Sciences: Theory & Practice</i>
23	<i>Qualitative Report</i>
24	<i>Educational Studies in Mathematics</i>
25	<i>Higher Education</i>

Para la selección de los artículos se establecieron los siguientes criterios: (1) publicados en las revistas seleccionadas; (2) escritos en inglés, español o portugués; (3) publicados entre 2008 y 2017; (4) proporcionan una definición o descripción del PCK en las secciones teóricas, metodológicas o de resultados del artículo; y (5) estudios empíricos de educación en ciencias.

El principal término de búsqueda fue “Pedagogical Content Knowledge (PCK)*”, y se seleccionaron para su inclusión en la revisión todos los artículos que lo contenían en el título o en el resumen, y cumplieran con los criterios mencionados. La búsqueda arrojó un total de 980 artículos, que fueron sometidos a revisión de pares, con el fin de discutir la adecuada aplicación de los criterios de selección establecidos. El listado definitivo se redujo a una muestra de 53 artículos de investigación de corte empírico descriptivo. Además, la lista de referencias se complementa con otros artículos que iluminan o explican los detalles que requieren aclaración del material en los documentos revisados, así como disertaciones doctorales; algunos ofrecen una visión en profundidad de un caso, mientras que otros presentan un trabajo de mayor escala usando más de un maestro. Los puntos clave de esta revisión surgieron como resultado de la lectura.

Una vez identificados los artículos de interés para esta revisión, se observaron cuáles fueron los focos más relevantes a partir de regularidades en la investigación para su actualización. Así, surgió la siguiente clasificación: (1) conceptualización; (2) relación con el aprendizaje de los estudiantes; (3) formación de profesores; (4) relación entre componentes; (5) metodologías para su documentación y, (6) tópicos de ciencia donde ha sido estudiado.

Hipótesis

1. Una mayor integración entre los componentes del PCK del profesor de ciencias, favorece el aprendizaje y/o desempeño de los estudiantes.
2. El PCK de los profesores principiantes se puede fortalecer al hacerlo más explícito en su proceso de formación.
3. El modelo del PCK podría ser implementado como una herramienta conceptual para apoyar la práctica de los profesores de ciencias.

4. Los contenidos curriculares en los cuales se ha investigado el PCK del profesor de ciencias están relacionados con la investigación en didáctica de las ciencias en cada unas de las áreas del conocimiento (biología, física y química), así como en el foco particular de la enseñanza y el aprendizaje de dichos tópicos. Así mismo, los conceptos abordados son centrales en las diferentes disciplinas.

Conceptualización del PCK

Inicialmente, brindar algunas de las definiciones más relevantes que se han propuesto para este modelo conceptual es útil para comprender la idea general de qué es el PCK. Sin embargo, como lo plantean Ball, Thames y Phelps (2008) se ha de asumir que definir el PCK como conocimiento distinto de otras formas de conocimiento del profesor es complejo, por lo que algunas de las definiciones pueden resultar superficiales. Una de las definiciones clásicas la propuso Shulman (1987): “El PCK representa la mezcla de contenido y pedagogía para entender cómo conceptos, temas o problemas se organizan, representan y adaptan para enseñar a estudiantes con diversos intereses y habilidades” (p. 8). Tras esta definición, hubo autores que intentaron abreviarla con especial incidencia en el concepto de transformación. Específicamente, estos autores describieron el PCK como el conocimiento necesario para transformar el contenido en formas más comprensibles para los aprendices (De Berg y Greive, 1999; Geddis, Onslow, Beynon y Oesch, 1993; Grossman, 1990; Magnusson, Krajcik y Borko, 1999; Marks, 1990).

Teniendo esto en mente, se hizo más énfasis en la conceptualización del PCK en su carácter idiosincrático (Loughran et al., 2001). Un ejemplo de ello es la definición planteada por Hashweh (2005): “El PCK es el repertorio de contenidos personales y privados, así como de construcciones pedagógicas, que el profesor ha desarrollado como resultado de la repetida planificación y reflexión sobre la enseñanza de determinados temas” (p. 277).

La última definición a tener en cuenta es la de Park y Oliver (2008b), que cobra mucho interés para comprender el modelo del PCK y, además, junto al anterior planteamiento se enfatiza a qué se refiere el PCK:

“El PCK es la comprensión y representación de cómo ayudar a los estudiantes a entender cuestiones específicas de la materia usando múltiples estrategias

instruccionales, representaciones y evaluaciones, mientras se trabaja en un entorno de aprendizaje caracterizado por un determinado contexto social y cultural”. (p. 264).

Componentes del PCK

A partir de la última definición de Park y Oliver (2008), una de las formas de conceptualizar el PCK que los investigadores han utilizado actualmente (Berry, Friedrichsen y Loughran, 2015), es considerarlo como un conglomerado de componentes que interactúan entre sí. En los trabajos de Van Driel, Verloop y De Vos (1998) y Park y Oliver (2008) se recogen las propuestas de componentes integrantes del PCK formuladas por distintos investigadores que propusieron los autores posteriores a Shulman, según lo propone Verdugo-Perona et al (2017), sin distinguir a qué autores corresponde. Así, el conglomerado de componentes del PCK lo constituye los conocimientos referentes a:

- El propósito de enseñar un concepto;
- Dificultades que tendrán los estudiantes;
- Currículo;
- Estrategias de enseñanza y representaciones de los contenidos;
- Recursos para la enseñanza;
- Evaluación;
- La materia a enseñar (contenidos);
- El contexto de enseñanza;
- Didáctica de la disciplina.

Se debe aclarar que no todos los autores consideran a los anteriores componentes integrados en el PCK, sino que alguno de ellos considera a ciertos componentes como una subcategoría aparte, aunque piensan que forman parte de la base de conocimientos del profesor. Así, por ejemplo, para Grossman (1990) el conocimiento de la materia a enseñar tendría esta consideración.

Según Fernandez-Balboa y Stieh (1995), el PCK resulta de la integración de sus diferentes conocimientos (componentes) y tiene una naturaleza genérica; en cambio la posición defendida por otros autores como Cochran, DeRuiter y King (1993), Hashweh

(2005), Loughran, Berry y Mulhall (2012) y Van Driel, Verloop y De Vos (1998), enfatiza su alto nivel de especificidad con respecto a variables de enseñabilidad como: características de los estudiantes, tema, contexto educativo y didáctica empleada.

La introducción del PCK por Shulman ha inspirado numerosas respuestas entre académicos del campo de la educación, dando como resultado varios modelos de PCK (Appleton, 2003; Friedrichsen et al., 2009; Grossman, 1990; Hashweh, 2005; Magnusson, Krajcik y Borko 1999; Marks, 1990; Park y Oliver, 2008a). Se señala, que los modelos de PCK difieren en sus conceptualizaciones, en primer lugar, de la relación entre el conocimiento del contenido (CC) y el PCK (Kind, 2009). Por ejemplo, mientras que Grossman (1990) y Magnusson et al. (1999) consideraron CC y PCK como bases de conocimiento separadas para la enseñanza, Marks (1990) y Fernandez-Balboa y Stiehl (1995) incluyeron CC dentro de PCK. Independientemente de estas divergencias, una característica común de los modelos de PCK es que elaboraron y ampliaron el concepto de Shulman (1986, 1987) modificando los componentes constitutivos o añadiendo nuevos componentes basados en evidencia empírica o creencias de los investigadores (Kind, 2009). Este enfoque se basa en la concepción de que el PCK es una síntesis de los componentes que constituyen el PCK (Abell, 2008; Lee y Luft, 2008). En este orden de ideas, el nivel de PCK de un docente depende del grado de integración y coherencia entre los componentes, así como de la posesión de componentes individuales (Friedrichsen et al., 2009; Krauss et al., 2008; Park y Oliver, 2008a).

Teniendo en cuenta la importancia de la interrelación entre los componentes para comprender el constructo del PCK, esta revisión utilizó el modelo pentagonal de PCK (Park y Oliver, 2008b) como un marco conceptual, ya que el modelo subraya la naturaleza coherente de los componentes de PCK (ver Figura 1) y es en este donde se ha profundizado la investigación respecto a las relaciones entre componentes por medio de mapas de PCK (Park y Chen, 2012). De esta forma, el desarrollo epistemológico de este modelo considera como elementos relevantes el contexto social y cultural de la enseñanza como fortaleza que puede converger con el enfoque histórico-cultural y potenciar su perspectiva, así como robustecer la mirada que ha tenido hasta la fecha en la enseñanza de las ciencias, proponiendo una congruencia entre los diferentes componentes que conforman el modelo. Para estos autores, el PCK es un conocimiento integrado de los siguientes componentes:

- Orientación para la enseñanza de las ciencias;
- Conocimiento del currículo de ciencias;
- Conocimiento de la comprensión de los estudiantes sobre la enseñanza de las ciencias;
- Conocimiento sobre evaluación del aprendizaje de las ciencias;
- Conocimiento de estrategias para la enseñanza de las ciencias.

En la Figura 2 se presenta el modelo y los componentes que integran el PCK para estos autores.

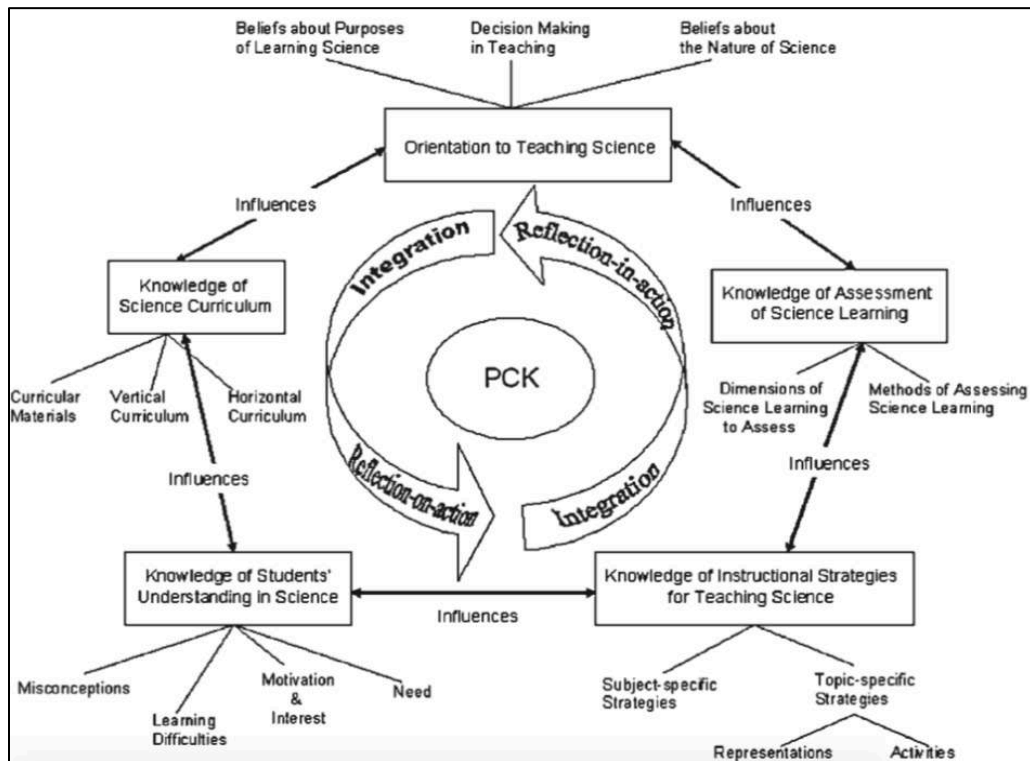


Figura 2. Modelo pentagonal de PCK para la enseñanza de las ciencias. (Park y Oliver, 2008b, p.815)

El modelo pentágono se construyó primero a través de una revisión exhaustiva de la literatura y luego se optimizó a través de pruebas empíricas contra el modelo (Park y Oliver, 2008a, 2008b). En particular, este modelo se extrajo en gran medida del trabajo de Grossman (1990), Tamir (1988) y Magnusson et al. (1999). Los cuatro dominios de conocimiento de Grossman para la enseñanza (es decir, Conocimiento Pedagógico, PCK, Conocimiento de Contenido y Conocimiento del Contexto) proporcionaron una base teórica que ayudó a conceptualizar el PCK en relación con otros dominios de conocimiento

docente en el desarrollo del modelo pentágono. Al adoptar las ideas de Grossman (1990), el PCK se define como un dominio especial de conocimiento producido por la transformación de otros dominios de conocimiento para crear oportunidades de aprendizaje efectivas (Gess-Newsome, 1999).

De acuerdo a las directrices de los autores de este modelo, es relevante explicar cada uno de los componentes. (a) Orientación para la enseñanza de las ciencias, consiste en el conocimiento y las creencias sobre los propósitos y objetivos para la enseñanza de la ciencia en los diferentes niveles académicos; (b) Conocimiento del currículo de ciencias, se refiere a los conocimientos de los profesores sobre los materiales del currículo disponibles para la enseñanza de la materia en particular, así como el conocimiento horizontal y vertical de los programas planteados para un estudiante. De igual manera, es un indicador de la comprensión por parte del profesor de la importancia de los temas relativos al plan de estudios en su conjunto. Este conocimiento permite a los profesores identificar los conceptos básicos, modificar las actividades y eliminar aspectos que se consideran periféricos a la comprensión conceptual propuesta como meta a alcanzar'; (c) Conocimiento de los estudiantes para la comprensión de la enseñanza de las ciencias, incluye el conocimiento de las concepciones de los estudiantes en temas específicos, las dificultades de aprendizaje, la motivación y las diversidades en las capacidades en el grupo de estudiantes, estilos de aprendizaje, intereses, nivel de desarrollo, y la necesidad del tema propuesto; (d) Conocimiento sobre evaluación del aprendizaje de las ciencias, relaciona los instrumentos, los procedimientos, el momento, los actores, los propósitos y la naturaleza de la evaluación; y (e) Conocimiento de estrategias para la enseñanza de la ciencias, consta de dos categorías: i) estrategias específicas de la materia: enfoques generales de la instrucción que son consistentes con los objetivos de la enseñanza de la ciencia en la mente de los profesores como los ciclos de aprendizaje, estrategias de cambio conceptual y la enseñanza orientada a la investigación; y ii) estrategias relacionadas con el tema: estrategias concretas que se aplican a la enseñanza de temas específicos dentro del dominio de la ciencia.

En el modelo de Park y Oliver (2008b), la integración de todos los componentes del PCK es muy importante para ser un profesor eficaz en términos de enseñanza. Sin embargo, tanto este modelo como otros anteriores tienen una gran dificultad: no indican cómo interactúan los componentes unos con otros (Friedrichsen, van Driel y Abell, 2011).

Estudios que muestran la relación entre componentes del PCK

Al realizar la revisión en la literatura respecto a las relaciones entre los componentes del PCK se evidencia que la investigación en esta dirección es escasa. Los siguientes, son algunos estudios empíricos que se han centrado en encontrar estas relaciones.

En primer lugar, Padilla Ponce - de - León, Rembado y Garritz (2008) hicieron los primeros esfuerzos en relacionar los componentes del PCK. Así, observaron que cuanto mejores son las estrategias de enseñanza y más se conoce a los estudiantes, mejor se les evalúa. También se encontraron convergencias entre el conocimiento de los objetivos, es decir, la relación entre el conocimiento del currículo, y las estrategias de enseñanza.

Por su parte, Kaya (2009) determinó correlaciones moderadas y significativas entre todos los componentes del PCK, a excepción del conocimiento sobre evaluación, que no fue significativo. Este autor estableció relaciones entre los componentes del PCK de forma cualitativa y cuantitativa para entender cómo se desarrolla y cuál es la naturaleza del PCK en lo relativo a un tópico específico como lo es el “agotamiento de la capa de ozono”. Los resultados obtenidos permiten plantear programas de formación docente que incidan en la enseñanza de este tema en particular.

Padilla y van Driel (2011) identificaron las conexiones entre componentes del PCK relacionados con la enseñanza de la química cuántica de una manera muy específica, documentando el PCK de profesores de educación superior; caracterizando, para cada maestro, su perfil docente y sus consideraciones sobre la enseñanza de este tema. En este sentido, concluyeron que: a) la orientación hacia la enseñanza está fuertemente vinculada al conocimiento de estrategias de enseñanza y al conocimiento de los estudiantes para la comprensión de la enseñanza de las ciencias –particularmente lo que se relaciona con sus dificultades–, y también está vinculado al conocimiento del currículo; y b) el conocimiento sobre evaluación está débilmente vinculado con los demás componentes, como también está reportado en la investigación de Bonilla (2013).

Park y Chen (2012) propusieron un modelo mediante el cual fueran visibles la frecuencia y las relaciones que se establecen entre los diferentes componentes del PCK. Este modelo denominado mapa del PCK, permite identificar los componentes que los profesores poseen y por lo tanto es posible comprender cómo el PCK está configurado para la enseñanza de un tema específico, identificando qué componentes e interrelaciones

necesitan fortalecerse para que la enseñanza sea más efectiva. De igual forma, mostraron un fuerte vínculo entre el conocimiento de los estudiantes para la comprensión de la enseñanza de las ciencias y el conocimiento sobre estrategias de enseñanza; pero a diferencia de los estudios citados anteriormente, no es la evaluación sino el conocimiento del currículo el que presenta menor correspondencia con los demás. Concluyeron, como Henze, van Driel y Verloop (2008), que la articulación entre componentes depende del tópico de enseñanza.

Teniendo como base el estudio anterior, surgieron algunas investigaciones que se centraron en analizar la interacción entre componentes por medio del análisis del mapa del PCK. Así, Aydin y Boz (2013) encontraron una vez más que la integración de componentes es específica del tema de enseñanza. Este estudio contribuye a estudiar las integraciones del PCK, además utiliza diferentes valores para las conexiones que se establecen entre los diferentes componentes, lo que es un aporte a la investigación en esta línea. Además, corroboran que el conocimiento de la comprensión de los estudiantes y el conocimiento de estrategias de enseñanza son los núcleos de las relaciones entre los componentes, y que el conocimiento sobre evaluación y currículo es lo que menos peso tiene en la configuración del PCK.

Con el fin de ampliar la investigación en esta dirección, Aydin et al. (2014) estudiaron a partir de un análisis secundario cómo las interacciones entre los componentes del PCK de docentes en ejercicio se desarrollaron a lo largo de un curso enriquecido con tutores y la naturaleza de esas interacciones. Los datos se obtuvieron de tres profesores en formación, mediante el uso de la representación de contenido (ReCo) y entrevistas semiestructuradas. Los resultados revelaron que el desarrollo de integraciones era idiosincrásico. Además, la integración de PCK pasó de ser fragmentada a una más integrada y coherente al final del semestre.

Un estudio que aporta específicamente en lo que respecta a comprender cómo el PCK es específico para el tema, es el de Aydin, Friedrichsen, Boz y Hanuscin (2014) quienes estudiaron el PCK de dos temas diferentes en química, incluyendo si todos los componentes de PCK son específicos del tema y en qué grado. Para explorar la naturaleza específica del tema de PCK, examinaron dos PCK de maestros experimentados usando una metodología de estudio de caso. Se utilizaron múltiples estrategias de recopilación de datos, incluida una actividad de clasificación de tarjetas, Representación de contenido (CoRe),

entrevistas semiestructuradas, observaciones y notas de campo. Los resultados revelaron que los maestros usaron más instrucción basada en el contenido y centrada en el profesor para enseñar electroquímica, mientras que su instrucción estaba menos centrada en el profesor e incluyó discusiones CTSA para enseñar reacciones nucleares. Los maestros también variaron en la medida de su conocimiento de los estudiantes y el currículo en comparación de su PCK para cada tema. Con respecto a la evaluación, las prácticas de evaluación de los docentes se encontraban en el nivel general de conocimiento pedagógico; careciendo de esta forma de PCK específico para cada tema.

Finalmente, en el contexto latinoamericano, Ravanal y López-Cortes (2016) establecieron las relaciones entre diferentes componentes del PCK y los caracterizaron a profundidad. Además, propusieron que las conexiones deben tener una direccionalidad y así analizar los fines de cada una de ellas. Adicionalmente, relacionaron el mapa del PCK con el modelo didáctico de los profesores, lo cual permitiría planear acciones concretas dentro de los programas de desarrollo profesional docente.

El PCK y la comprensión de los estudiantes sobre la enseñanza de las ciencias

Varias son las investigaciones que reportan explícitamente la relación entre el PCK y la comprensión de los estudiantes, en cuanto a su éxito, desempeño o logro académico se refiere. Por esta razón, se revisan los hallazgos de diferentes autores en esta dirección.

En primer lugar, De Berg y Brouwer (1991) encontraron que en los profesores de física de secundaria canadienses que habían participado en un estudio existía desconocimiento respecto a las ideas previas de sus estudiantes; inclusive, una tercera parte sostenía las mismas concepciones que éstos. Resultados similares se obtuvieron en la investigación reportada por Smith y Neale (1991) con profesores de primaria. Por su parte, Caillods, Gottelmann-Duret y Lewin (1997) develaron en su trabajo el desconocimiento por parte de profesores con muchos años de experiencia de las dificultades de comprensión de sus estudiantes. En efecto, estos profesores creían que las dificultades de sus estudiantes eran generadas por su escaso interés o por sus escasos conocimientos matemáticos. Tobin, Tippins y Gallard (1994), observaron que algunos profesores ofrecían explicaciones, ejemplos y analogías dentro de su conjunto de estrategias de enseñanza, las cuales fortalecían los errores conceptuales de los estudiantes.

En este sentido, y de acuerdo con Halim y Meerah (2002), no podemos esperar que el profesor con experiencia en la enseñanza de las ciencias sea capaz, por sí mismo, de mejorar sus conocimientos sobre la comprensión del aprendizaje de sus estudiantes, en términos de sus dificultades, y/o las representaciones de los contenidos que permiten facilitar su entendimiento relacionado con estrategias como analogías, ejemplos, demostraciones, etc.

En las anteriores investigaciones, es claro el vínculo entre el PCK y la comprensión de los estudiantes de la enseñanza de las ciencias. En este sentido, Lange, Kleickmann y Möller (2012), llevaron a cabo un estudio cuantitativo con profesores de ciencias de primaria y corroboraron que el PCK de este grupo de profesores estaba fuertemente relacionado con el desempeño que los estudiantes alcanzaban en ciencias. Gess-Newsome, Carlson, Gardner y Taylor (2010) concluyeron que el conocimiento disciplinar de los profesores explicaba significativamente el logro de los estudiantes. Por su parte, Cross y Lepareur (2015) presentaron evidencias empíricas de la relación existente entre el PCK del profesor y su influencia en el aprendizaje de los estudiantes, así como de su motivación.

En educación matemática, la investigación exhibe que diferentes componentes del PCK: (a) orientación hacia la enseñanza de las ciencias, (b) conocimiento de la comprensión de los estudiantes y, (c) conocimiento de las estrategias de enseñanza, presentan una correlación significativa con respecto al logro de los estudiantes (Staub y Stern, 2002; Hill, Rowan y Ball, 2005; Baumert et al., 2010). Del mismo modo, Lenhart (2010) y Waller (2012) en sus disertaciones doctorales, analizaron la relación entre el PCK del profesor de primaria de matemáticas y los desempeños de los estudiantes. En ambos casos el resultado fue similar: existe una correlación significativa y efectiva entre ambos.

En el contexto alemán, Kunter et al. (2013) realizaron una investigación de carácter cuantitativo a lo largo de un año, realizando múltiples medidas relacionadas con el PCK y los resultados conseguidos por los estudiantes y su motivación. Los modelos de ecuaciones estructurales de dos niveles revelaron el impacto efectivo del PCK del profesor, entusiasmo por la enseñanza y estrategias de autorregulación, sobre las estrategias de enseñanza, que a su vez se correlacionó con el logro de los estudiantes. Finalmente, Olfos, Goldrine y Estrella (2014) en un estudio cuantitativo llevaron a cabo el análisis del efecto del Conocimiento del Contenido (CC) y del PCK, así como de la experiencia del profesor, en

función del aumento del desempeño de los estudiantes. Concluyeron que el conocimiento de estrategias de enseñanza de las ciencias (en este caso las de orientación constructivista), y la experiencia profesional estaban significativamente vinculadas a la mejora de los resultados académicos.

Metodologías para documentar el PCK

La complejidad del PCK ha permitido que los expertos hayan empleado un conjunto heterogéneo de metodologías con el objetivo de acercarse a retratar un esquema estructurado, lógico y coherente del PCK según los resultados de los estudios empíricos. De esta forma, Kind (2009) propuso agrupar los estudios, por un lado, en “estudios que exploran el PCK in situ” y, por otro, en “estudios que utilizan instrucciones estandarizadas” (p.93) para retratar el PCK. En el primer grupo se investigó cómo los profesores enseñan en el aula o en el laboratorio, utilizando para ello las metodologías propias de la investigación social. En el segundo, se examinaron tanto grabaciones de vídeo o transcripciones de una lección, como los cambios que se producen como resultado de alguna intervención.

A partir de estudios como el de Kind (2009), se hace conveniente plantear una manera de mostrar las investigaciones que han intentado retratar el PCK del profesor de ciencias. En este orden de ideas se presenta la Tabla 3.

Tabla 3.

Instrumentos empleados para documentar el PCK de profesores de ciencias

Instrumento	Autores	Año
<i>Cuestionario</i>		
	Krauss, Baumert y Blum	2008
	Padilla et al.	2008
	Padilla y Van Driel	2011
	Manizade y Mason	2011
	Mavhunga y Rollnick	2013
	Jüttner y Neuhaus	2013
	Jüttner et al.	2013
	Padilla	2014

Malcolm y Mavhunga	2015
Brines, Solaz-Portolés y Sanjosé	2016
Ravanal y López-Cortés	2016
Parga y Moreno-Torres	2017
<i>Entrevistas y/o filmación de clases</i>	
Park, Chen y Jang	2008
Henze, van Driel y Verloop	2008
Gardner y Gess-Newsome	2011
Alonzo, Kobarg y Seidel	2012
Park y Chen	2012
Faikhamta y Clarke	2013
Hanuscin	2013
<i>Sinergia entre diferentes métodos: cuestionarios, entrevistas, filmación de clases.</i>	
Abd-El-Khalick	2006
Käpylä, Heikkinen y Asunta	2009
Aydin y Boz	2013
Aydin et al.	2014a
Aydin et al.	2014b
Morrison y Luttenegger	2015
Parga y Moreno-Torres	2017

ReCo: Representación del Contenido

Uno de los instrumentos para documentar el PCK que ha adquirido una relevancia en la investigación en didáctica de las ciencias, es la Representación del Contenido (ReCo). Con el objeto de configurar el PCK de los profesores de ciencias sobre un determinado tema, Loughran, Mulhall y Berry (2004, 2008) propusieron un instrumento denominado, Representación del Contenido –CoRe por sus siglas en inglés (Content Representation)–. El ReCo, representa una percepción integradora sobre la enseñanza de un tema, y agrupa los

componentes, así como las relaciones que se pueden establecer en el PCK. Esto se hace a partir de un conglomerado de ocho preguntas sobre un tema específico de ciencias.

Investigaciones posteriores destacan la relevancia de la ReCo, la cual queda evidenciada en el gran número de trabajos que la han empleado entre los que se pueden citar los siguientes: Hume (2010), Hume y Berry (2011, 2013), Espinosa-Bueno et al. (2011), Bertram (2012), Aydin y Boz (2013), Chapoo, Thathong y Halim (2014), Aydin et al. (2014), Padilla (2014), Alvarado, Cañada, Garritz y Mellado (2015) y, Rollnick y Mavhunga (2016).

El PCK en la formación de profesores

El nivel de formación donde más se ha investigado la formación de profesores ha sido en secundaria, mucho menos se ha hecho en primaria y en educación superior, respectivamente. A continuación se relacionan las investigaciones más relevantes sobre PCK con respecto a la formación de profesores de ciencias.

En primer lugar, Bond-Robinson (2005) describió una experiencia de formación donde desarrolló el PCK en cuestionamientos relacionados con el trabajo experimental en química. Lo anterior se llevó a cabo, teniendo en cuenta un nivel inicial relacionado con contenidos procedimentales, hasta un nivel de razonamientos y explicaciones formales.

Talanquer (2005) por su parte, presentó en su estudio con profesores en formación inicial, una actividad de carácter indagativo, relacionada con la ley periódica de los elementos, cuyo objetivo principal era desarrollar el PCK de este grupo de profesores. Específicamente, se evidenció que esta actividad permitía: (a) integrar sus conocimientos sobre las propiedades de los elementos químicos y su periodicidad, (b) reconocer qué necesitan entender los estudiantes para promover una comprensión mayor de la ley periódica, e (c) identificar los obstáculos para comprender la información química proporcionada en la tabla periódica.

La investigación de Abd-El-Khalick (2006) consideró las disimilitudes entre profesores de biología en ejercicio y en formación en un componente específico del PCK: estrategias de enseñanza de las ciencias. La conclusión más relevante es que, en un tema como la fotosíntesis, los profesores con más experiencia hacen hincapié en la fotosíntesis como una parte de procesos biológicos de orden superior que en los detalles más específicos, con el

fin de buscar la relación entre las estrategias de enseñanza y la comprensión de los estudiantes en este tópico específico.

Henze, van Driel y Verloop (2008) describieron el PCK de profesores de secundaria en ejercicio en el tema Modelos del Sistema Solar y del Universo. Los componentes del PCK estudiados fueron: conocimiento sobre estrategias de enseñanza, conocimiento sobre la comprensión de los estudiantes, conocimiento sobre evaluación y conocimiento del currículo. Los resultados corroboran que se formaron dos PCK diferentes entre los profesores participantes: uno perfilado a la descripción de los modelos en ciencias y el otro en la reflexión sobre la formulación de dichos modelos.

Lee y Luft (2008) indagaron el PCK de profesores expertos de secundaria que actuaban como tutores de profesores en formación. Cada maestro conceptualizó el PCK como el conocimiento para la enseñanza de la ciencia, y todos los maestros reflejaron los siguientes componentes en sus modelos individuales: ciencia, objetivos, estudiantes, organización del plan de estudios, evaluación, enseñanza y recursos. Los profesores en el estudio discutieron un área que aún no se había articulado en la literatura de PCK cuando hablaban sobre la necesidad de conocimiento de los recursos en la enseñanza de la ciencia. Al final, los recursos permitieron que estos maestros hicieran que su enseñanza fuera relevante para sus estudiantes y proporcionaron experiencias de instrucción que estaban fuera del plan de estudios. Además, las cuatro conceptualizaciones de los maestros participantes de PCK revelaron que el conocimiento de los recursos afectaba su organización curricular, la selección de estrategias de enseñanza y el uso de evaluaciones. Este estudio sugiere que se debe explorar el conocimiento de los recursos para determinar si se debe considerar un componente de PCK. La información se consolidó para la articulación de programas de desarrollo profesional de profesores de ciencias.

Appleton (2008) en un estudio de casos con dos profesores de primaria en formación continua, inscritos en un programa con la tutoría de un profesor universitario, consideró cómo se va construyendo el PCK a partir de las interrelaciones entre tutor y profesor en formación. El mentor tomó el papel de un amigo crítico en la planificación conjunta y la enseñanza de la ciencia. El estudio examina la naturaleza de la relación de mentoría e informa el tipo de aprendizaje que se produjo en el maestro, con un enfoque particular en el desarrollo del PCK de los maestros de ciencias.

Friedrichsen et al. (2009) verificaron la integración de los cinco componentes del PCK del modelo de Magnusson, Krajcik y Borko (1999) en profesores en formación inicial y permanente. Encontraron que los profesores que poseían experiencia docente integraban significativamente los componentes del PCK, mientras que los profesores que no poseían experiencia presentaban una menor integración.

Abell, Park, Hanuscin, Lee y Gagnon (2009) usaron el PCK como instrumento mediador para proponer un modelo de desarrollo de los contenidos para la formación de profesores de ciencias. Para esto, tuvieron en cuenta sus experiencias como estudiantes del doctorado en didáctica de las ciencias y como tutores universitarios de profesores en formación.

Finalmente sugirieron un estándar para la formación de tutores de profesores de ciencias.

Etkina (2010) estudió las prácticas pedagógicas de un programa de cualificación de profesores de física. Este programa se enfoca en el fortalecimiento y la caracterización del PCK, específicamente al ampliar los conocimientos sobre los cinco componentes del modelo del PCK de Magnusson, Krajcik y Borko (1999).

Hume y Berry (2011) emplearon la ReCo como herramienta metodológica para que los profesores en formación puedan autoevaluar su PCK en distintos temas a medida que se están formando. Es decir, que la elaboración de diferentes ReCos, respecto a un tema en concreto, forme parte de su autoevaluación y, en consecuencia, de su formación. Viéndolo de este modo, la ReCo posee una función metacognitiva.

Park, Jang, Chen y Jung (2011) confrontaron la hipótesis de que la caracterización del PCK del profesor evidenciaba si se estaban aplicando las reformas previstas en la enseñanza de las ciencias. Se evaluaron 33 sesiones registradas en vídeo teniendo en cuenta criterios previos que se evaluaron en una rúbrica. Se obtuvieron correlaciones representativas entre las puntuaciones del PCK y las medidas de aplicación de las reformas, confirmando con esto la hipótesis inicial.

Mdachi (2012) enfatizó la relevancia de dejar como núcleo de la evolución y mejora constante del PCK del profesor de ciencias las concepciones alternativas que los estudiantes sostienen en muchos temas de ciencias.

Mavhunga y Rollnick (2013) realizaron un intento por mejorar el PCK de profesores de química en formación respecto al tema de equilibrio químico. Un trabajo previo al retratar

el PCK inicial antes de la intervención mediante un programa de formación, y otro posterior, mostraron un logro significativo en términos de la caracterización del PCK.

Faikhamta y Clarke (2013) determinaron el PCK de un formador de profesores. Para esto utilizaron varias fuentes: programa de actuación, materiales impresos, trabajo entregado por los profesores en formación, anotaciones en el diario de registro de dichos profesores y filmación de las clases del profesor. Los datos se analizaron mediante un proceso inductivo para identificar las formas en que se intentó mejorar el PCK de los profesores en formación. Las contribuciones de este estudio son ideas generadas para ayudar a los formadores de docentes a pensar sobre cómo apoyar y desarrollar el PCK de los docentes. Algunas de estas contribuciones están mejorando el PCK de los formadores de docentes para la enseñanza de los profesores de ciencias, el desarrollo de PCK para la enseñanza de las ciencias y el diseño de un curso de métodos de ciencias en los programas de preparación de esta clase de profesores.

Hume y Berry (2013) exploraron cómo la ReCo puede ser un instrumento que posibilite la mejora de los conocimientos necesarios en los profesores desde su formación inicial. Este instrumento, junto con la colaboración de profesores tutores que analizan su práctica en el aula, propicia la construcción de un PCK conveniente para la docencia.

Padilla (2014) presentó dos estudios de casos de profesores de química de secundaria en ejercicio quienes, además, están en un proceso de formación tanto disciplinar como didáctica. Para ello, se les presentó a los docentes el constructo del PCK para que lo conocieran e iniciaran un proceso de reflexión. Para la colección de datos se utilizó la herramienta ReCo. Finalmente, los docentes contestaron una serie de preguntas sobre cómo creían que había cambiado su práctica docente y si consideraban que su PCK también había cambiado. Los resultados mostraron que efectivamente se llevó a cabo un cambio en el PCK.

Rozenszajn y Yarden (2014b) investigaron cómo se fortalecía el PCK de tres profesores en ejercicio durante su asistencia a un programa de desarrollo profesional, en concreto en dos componentes: por un lado, el conocimiento de las estrategias de enseñanza y por el otro, el conocimiento de la comprensión de los estudiantes.

Barnett y Friedrichsen (2015) llevaron a cabo una descripción completa del componente de las estrategias de enseñanza utilizado por un tutor de profesores de ciencias en

formación para conseguir enriquecer el PCK de este conjunto de profesores. Se estudió cómo los tutores influyen de manera significativa en el desarrollo del PCK para este propósito. Las principales fuentes de datos fueron las transcripciones de las reuniones diarias grabadas en audio entre el mentor y el grupo de profesores durante dos unidades de currículo: ADN (síntesis de proteínas) y evolución. El mentor influyó en la orientación docente de los profesores comparando repetidamente los enfoques centrados en el maestro y el estudiantes, pidiéndoles que consideraran cómo aprenden los estudiantes y pidiéndoles que autoevalúen si su enseñanza se alineó con sus creencias docentes. El mentor ayudó al conjunto de profesores a desarrollar el conocimiento específico del tema de las estrategias de enseñanza al compartir las estrategias que utilizó anteriormente, modelar la reflexión crítica e invitarlo a reflexionar críticamente sobre sus propias estrategias.

Tópicos de estudio vinculados al PCK

En la Tabla 4 se relacionan los principales tópicos de las diferentes disciplinas –física, química y biología– que han sido abordadas por los investigadores.

Tabla 4.

Tópicos de interés en el campo de investigación del PCK

Disciplina	Tópico	Autor
<i>Física</i>		
	Absorción y reflexión de la luz, cambio de fase líquido-gas, disolución de un sólido en agua, y transferencia y conducción de la energía en forma de calor	Halim y Meerah (2002)
	Peso del aire	Johnston y Ahtee (2006)
	Fases de la materia	Özden (2008)
	Movimiento parabólico, leyes de Newton, electromagnetismo	Lee y Luft (2008)

Modelización en los procesos de construcción científica y modelo de Universo y Sistema Solar	Henze, van Driel y Verloop (2008)
Termodinámica	Jang (2010)
Prácticas de laboratorio de física	Nivalainen et al. (2010)
Flotación y sonido	Nilsson y Loughran (2011)
Óptica geométrica	Alonzo, Kobarg y Seidel (2012)
Materia e interacciones	Seung, Bryan y Haugan (2012)
Teoría de partículas, fuerzas y circuitos eléctricos	Loughran, Berry y Mulhall (2012)
Cinemática	Maries y Singh (2013)
Campo eléctrico	Melo-Niño, Cañada y Mellado (2013)
<i>Química</i>	
Modelos de partículas que ayudan a la comprensión de los estudiantes de las relaciones entre fenómenos macroscópicos y las partículas constituyentes de la materia (átomos, moléculas o iones)	De Jong, Van Driel y Verloop (2005)
Cantidad de sustancia y equilibrio químico	Rollnick et al. (2008)
Cantidad de sustancia	Padilla et al. (2008)
Modelos submicroscópicos de la materia (modelos a partir de entidades como átomos, iones, moléculas y radicales libres)	Bindernagel y Eilks (2009)

Radioactividad y energía nuclear	Orleans (2010)
Química cuántica	Padilla y van Driel (2011)
Estequiometría	Garritz (2011)
Reacciones químicas	Loughran, Berry y Mulhall (2012)
Reacciones químicas de oxidación-reducción y celdas electroquímicas	Aydin y Boz (2013)
La naturaleza de la ciencia y el carácter corpuscular de la materia	Bektas et al (2013)
Celdas electroquímicas y reacciones nucleares	Aydin et al (2014)
Ácidos y bases	Alvarado et al. (2015)
Mecánica cuántica	Marshman (2015)
Pilas galvánicas	Brines, Solaz-Portolés y Sanjosé (2016)
Química orgánica	Parga y Moreno-Torres (2017)
<i>Biología</i>	
Fotosíntesis y crecimiento de las plantas	Käpylä, Heikkinen y Asunta (2009)
Agotamiento de la capa de ozono	Kaya (2009)
Célula	Uşak (2009)
Fotosíntesis y herencia	Park y Chen (2012)
Sistema circulatorio humano y genética	Loughran, Berry y Mulhall (2012)

La sangre y el sistema circulatorio humano	Schmelzing et al (2013)
Genética	Mthethwa-Kunene, Onwu y de Villiers (2015)
Célula	Ravanal y López-Cortes (2016)

En este punto es relevante citar a Bucat (2005) quien plantea que "existe una gran diferencia entre conocer un tema (conocimiento del contenido) y el conocimiento sobre la enseñanza y el aprendizaje de ese tema (conocimiento del contenido pedagógico)" ... (p.2). Es decir, que ha existido una preocupación por conocer (dominar) los tópicos, así como por enseñarlos asertivamente; en esta línea, los tópicos disciplinares que hacen parte del estudio del PCK han sido tópicos fundamentales para la enseñanza de las ciencias (física, biología y química). En suma, han sido de interés en la dupla enseñanza y aprendizaje.

Conclusiones e implicaciones

De acuerdo a los anteriores hallazgos reportados en la revisión de literatura, es claro que la relevancia del PCK en la enseñanza de las ciencias, debe considerar los elementos expuestos en esta revisión, con el fin de comprender la profundidad que los diferentes autores han consolidado para la comunidad académica. Por esta razón, la revisión ha proporcionado definiciones del PCK que se rescatan a partir de las diferentes reflexiones teórico-prácticas, que permiten caracterizarlo con fundamentos, que posibilita considerarlo como un modelo que considera todos los conocimientos del profesor directamente relacionados con la acción docente, teniendo en cuenta un tópico específico que va dirigido a unos estudiantes particulares, y en un contexto escolar dado.

En contraste, con el objetivo de interpretar este modelo teórico, se han planteado diferentes esfuerzos para modelizarlo. En todos los casos se propone una serie de componentes del PCK. Sin embargo, en ninguno de los modelos propuestos se han dejado claras las posibles interrelaciones entre sus componentes. En primer lugar, se evidencia porque la mayoría de autores se han dedicado a investigar los componentes aisladamente sin tener en cuenta los vínculos que se pueden llegar a establecer. En segundo lugar, se concluye que en función de los estudios que se han preocupado por documentar el PCK y

plantear las distintas relaciones, como por ejemplo los mapas del PCK, se generan ciertas restricciones propias de cada investigación, que no permite visualizar de forma general y clara las posibles relaciones entre componentes. Como lo plantea Gess-Newsome (2015) el modelo del PCK más citado y utilizado en las investigaciones es el de Magnusson, Krajcik y Borko (1999), el cual propone que el PCK estaba influenciado por el conocimiento de la materia y creencias, el conocimiento pedagógico y creencias, y el conocimiento y creencias sobre el contexto, incluyendo los estudiantes. No obstante, el modelo de Park y Oliver (2008b) hace referencia a un modelo que visualiza las conexiones entre elementos, considerándolo dinámico y que se plantean las influencias de los componentes entre sí, considerando en cada componente subcategorías que fortalecen el modelo de Magnusson et al. (1999). De igual manera, contempla el entorno de aprendizaje caracterizado por un determinado contexto social y cultural, dejando con esto abierta la posibilidad de converger con otros enfoques teóricos que potencien la mirada que hasta hoy día se ha tenido del PCK, lo que permite considerarlo como elemento fundamental de la identidad profesional del profesor de ciencias.

En la cumbre del PCK³, se propuso una definición consensuada de PCK personal: es el “atributo personal de un docente, considerado tanto una base de conocimiento como una acción”. Es el conocimiento del razonamiento detrás de la planificación y la promulgación de la enseñanza de un tema en particular de una manera particular por razones particulares a estudiantes particulares para mejorar el resultado en términos de aprendizaje de los estudiantes" (Carlson y Gess-Newsome, 2013).

Las cuatro veces que la palabra “particular” aparece en esta definición es una espada de doble filo. Por un lado, significa que el PCK debe construirse específicamente cada vez que un docente determinado, con algunos objetivos, debe dar una conferencia sobre un tema preciso a un cierto grupo de estudiantes con antecedentes definidos y características de

³ La cumbre del PCK se celebró del 20 al 25 de octubre de 2012 en el "Cheyenne Mountain Resort" en Colorado Springs, Estado de Colorado, Estados Unidos. La National Science Foundation proporcionó fondos para reunir a expertos en PCK de ocho países (Alemania, Australia, Corea, Estados Unidos, Gran Bretaña, Holanda, México y Sudáfrica). La página de la cumbre de Pedagogical Content Knowledge se puede visitar en la URL <http://pcksummit.bscs.org/> URL donde se puede ver la conferencia inicial de Lee S. Shulman y los documentos disponibles y las presentaciones de debate sobre los seis subtemas desarrollados: 1: Conocimiento del contenido y PCK; 2: Creencias, Orientación docente y PCK; 3: naturaleza de PCK; 4: Modelos de PCK e Implicaciones de Evaluación; 5: Evaluación de PCK; 6: Resultados de la investigación en PCK.

aprendizaje. Pero, por otro lado, representa un desafío excelente, ya que el PCK es una construcción académica que representa una idea intrigante, arraigada en la creencia de que la enseñanza requiere mucho más que entregar conocimiento de contenido a los estudiantes, y que incluye los objetivos involucrados y la mejor formas de representar y evaluar ese conocimiento.

Los autores de este trabajo creen, como Smith y Banilower (2012) y Alvarado, Cañadas, Garritz y Mellado (2015) que a partir de la cumbre del PCK, hay dos tipos de PCK: el PCK “personal” (corroborado por la experiencia personal y las creencias / orientaciones) y el “canónico” (justificado mediante investigación sistemática y que muchos profesores pueden compartir y aplicar).

Según el estudio de Alvarado y colaboradores (2015), todos los profesores tienen PCK personal, principalmente tácito, pero después de una discusión completa de una Representación de Contenido colectiva (CoRe), todos los profesores participantes pueden adquirir un “PCK canónico”. El grupo de diez profesores entrevistados es un conjunto de maestros destacados que parecen exhibir un PCK integrador, lo que está vinculado con su experiencia. Ellos “saben” las estrategias de enseñanza, las dificultades de los estudiantes, los requisitos del plan de estudios, los métodos de evaluación y el conocimiento de la materia requerida para que sus alumnos puedan aprender.

El concepto de PCK ha estado recibiendo una reformulación y un nuevo examen durante y después de la Cumbre PCK. Una de las líderes de la reunión, Julie Gess-Newsome, ha revelado una visión innovadora sobre el constructo, en un libro (Berry et al., 2015), en el que presenta un "Modelo de conocimiento y habilidad de la profesión docente", que se muestra en la figura 3. El modelo identifica el rol general del conocimiento profesional docente y sitúa al PCK dentro de ese modelo, incluyendo toda la complejidad de la enseñanza y el aprendizaje.

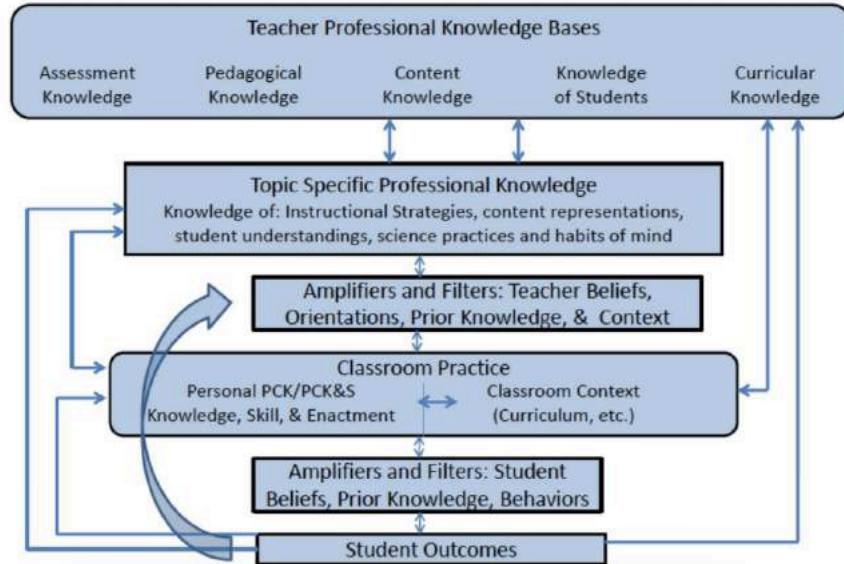


Figura 3. Modelo de conocimiento profesional del profesor y habilidad incluyendo el PCK y las influencias sobre la práctica de aula y los resultados de los estudiantes. Tomado de Gess-Newsome (2015, p.31)

En este Modelo, se reconoce que el afecto del maestro contribuye al conocimiento, la habilidad y su práctica. Estas creencias y orientaciones actúan como amplificadores o filtros para el aprendizaje del maestro y median sus acciones. Exclusivo de este modelo, se define el PCK como una base de conocimiento utilizada para planificar y para diseñar la enseñanza específica de un tema en un contexto de clase, y como una habilidad cuando se trata de enseñar. Finalmente, los resultados de los estudiantes son explícitos en este modelo, considerando que el aprendizaje del estudiante no es un producto automático de la instrucción.

Algunas de las ideas principales también se formularon después de la Cumbre, en la Conferencia ESERA-2013 (Carlson y Gess-Newsome, 2013; Carlson et al., 2013). En esta última referencia, se revela la intervención de dos años que combina la aplicación de materiales curriculares educativos con un programa de desarrollo profesional transformador que “influyó positivamente el conocimiento pedagógico del contenido (en ambos componentes, el conocimiento del contenido y el conocimiento pedagógico) según lo previsto y tuvo efectos positivos adicionales en ambos conocimientos ”.

De igual forma, existe una tendencia marcada respecto a los estudios sobre la integración de todos los componentes del PCK, además de su alto nivel de especificidad

relacionado con la enseñanza, tales como características de los estudiantes, tópico, contexto educativo y estrategia aplicada. También, se vislumbra en las investigaciones realizadas acerca de las interrelaciones de los componentes del PCK que la mayoría de las conexiones entre éstos son el conocimiento de las estrategias de enseñanza y el conocimiento de los estudiantes para la comprensión de la enseñanza de las ciencias.

Las investigaciones que se han centrado en analizar el impacto del PCK sobre el desempeño de los estudiantes indican que existe un vínculo significativo entre estas variables. Así se ha podido concluir que los profesores con un PCK más integrado, generan en sus estudiantes mejores desempeños en términos académicos. Es de aclarar que en esta relación se destaca el conocimiento de estrategias de enseñanza de las ciencias como componente del PCK. Además, se han determinado correlaciones que quedan expresadas en el aumento de la motivación en los estudiantes.

La investigación reporta que los instrumentos utilizados por los investigadores para documentar el PCK del profesor son diversos. En esta dirección, se han podido clasificar los trabajos en función del uso de instrumentos: (a) cuestionarios, (b) entrevistas así como filmaciones de clase, y/o (c) la sinergia de las anteriores. La literatura (Park y Chen, 2012; Aydin, 2013; Aydin et al. 2014; Padilla, 2014; Alvarado et al., 2015) subraya la Representación de Contenido, ReCo, como el instrumento que más se ha empleado por un gran número de investigadores con el fin de documentar el PCK.

Con todo lo anterior, el PCK es un constructo teórico sustancial en la formación del profesor, que se nutre de la práctica docente, de acuerdo con los numerosos estudios que han utilizado instrumentos de caracterización del PCK con múltiples propósitos formativos: evaluar al profesor luego de un ciclo de formación, analizar el papel del tutor de profesores en formación inicial y permanente, emplearlo como componente autoevaluativo integrador del proceso de formación, entre otras.

En esta dirección, se ha podido corroborar que existe una amplia gama de temas de diferentes disciplinas científicas donde se ha estudiado el PCK del profesor, ya sea en ejercicio, en formación inicial o permanente, dejando claro que es más abundante la investigación en tópicos relacionados directamente con física o química, que con biología.

Por último y a partir de las investigaciones más recientes (Berry, Friedrichsen y Loughran, 2015), al enfocar los estudios del PCK en comprender cómo este modelo debe entenderse desde la orientación de un modelo de enseñanza centrado en el aprendiz, que busca una convergencia entre el PCK del profesor y el logro del estudiante, se debe propender por un replanteamiento de los sistemas de formación y evaluación, así como nuevos dispositivos y contextos que posibiliten integrar los componentes del PCK de manera consciente y adecuada. Los autores de este artículo exponen que este modelo hace parte integral de la identidad profesional del profesor de ciencias, ya que es inherente a su naturaleza como profesional de la educación el cual subyace en la constante acción y reflexión de su práctica profesional.

CAPÍTULO 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

2.1 Planteamiento del problema

El trabajo de la teoría sociocultural es explicar cómo el funcionamiento mental individual está relacionado con el contexto cultural, institucional e histórico. Por lo tanto, el enfoque de la perspectiva sociocultural juega un papel fundamental en la participación de interacciones sociales y actividades culturalmente organizadas, las cuales influyen en el desarrollo psicológico. Mientras que gran parte del marco de la teoría sociocultural fue presentado por Lev Vygotsky (1931-1997), las extensiones, elaboraciones y refinamientos de la teoría sociocultural se pueden encontrar en escritos sobre la teoría de la actividad (Chaiklin & Lave, 1993; Leontiév, 1981) y Teoría de la actividad histórico cultural (Cole, 1996, Cole & Engestrom, 1994).

De acuerdo con Maturano y colegas (2007), en el contexto de estudios desarrollados por Lev Vygotsky, es posible encontrar fundamentos teórico-metodológicos para avalar análisis, reflexiones y prácticas de formación continua de profesores. Las concepciones del hombre como sujeto histórico; de la conciencia humana constituida a partir del movimiento dialéctico de transformación del proceso interpersonal en un proceso intrapersonal; del aprendizaje como proceso desencadenador del desarrollo humano; de la educación y de la constitución del sujeto, que traspasan este trabajo, se apoyan en el lente teórico histórico cultural.

En este sentido, como lo plantean Gordon y Fittler (2004), un enfoque histórico-cultural proporciona una perspectiva particular sobre el objeto y las condiciones de las prácticas de desarrollo docente. Para Vygotsky (1978), el desarrollo de funciones mentales superiores es el resultado de la unificación de herramientas mentales y manuales a través de una acción práctica conjunta. El aprendizaje precede al desarrollo y es un acto mediado por herramientas que tiene lugar a través de la participación social en la práctica situada. La adquisición de herramientas culturales es el aspecto clave del aprendizaje, cambiando cómo los humanos interpretan, interactúan y transforman su mundo externo (Hedegaard, 2001). A través de la participación social en la práctica apropiamos conocimientos y capacidades para el funcionamiento en nuestro mundo. El aprendizaje permite colectiva e individualmente hacer frente a desafíos y crear futuros para nosotros y nuestras sociedades.

La literatura sobre el desarrollo docente se ha centrado principalmente en el docente como objeto de la educación formal, así como la investigación que evalúa el aprendizaje de los maestros en formación y en ejercicio y durante cursos en instituciones de formación docente (Edmond, 2003; Goodfellow & Sumsion, 2000; Sullivan 2002). Estos estudios han puesto de relieve las limitaciones y recursos para los maestros "aprendices" en diversos entornos. Flores (2001) ha examinado el contexto, el lugar de trabajo, los efectos sobre la socialización y la práctica de los nuevos profesores. Sin embargo, el desarrollo del profesor experimentado mediado por sus acciones en la enseñanza ha sido relegado al fondo de la literatura. De hecho, Evans (2002) señala que el concepto de desarrollo docente es poco claro y su caracterización ha sido casi totalmente ausente de la literatura.

Por lo tanto, puede ser conceptualizado por la noción de actividad. La actividad es un sistema dinámico de funcionamiento humano e implica las metas, los medios y los resultados de la acción humana para transformar el objeto energizante de la actividad (Leontiev, 1978; Davydov, 1999). El objeto del desarrollo docente es mejorar la actividad del maestro –la mejora de los conocimientos y capacidades para funcionar como un maestro–. En la actividad docente, las acciones del profesor se orientan a transformar al alumno como objeto de actividad, desarrollando conocimientos y capacidades social y culturalmente aceptadas (Engeström, Hakkarainen & Hedegaard, 1984). En este mismo sentido, para Sensevy “acción didáctica” es “lo que los individuos hacen en lugares (instituciones) en los que se enseña y se aprende”. En sus propias palabras expresa: acción, le doy simplemente el significado de “lo que hace la gente”. Sin embargo, podría anotar que el término acción tal como es utilizado aquí, me parece compatible con el de práctica, en el sentido en que lo utiliza Bourdieu (1980, 1997), y con el de actividad en el sentido de la teoría de la actividad (principalmente Clot (1999), Leontiev (1984)). El término didáctica debe ser considerado en un sentido muy general, es decir, lo que sucede cuando una persona enseña una cosa a otra persona (esta “otra persona” puede, eventualmente, ser la misma persona que enseña).

El desarrollo de capacidades de enseñanza incluye ampliar las respuestas del maestro y los recursos para las demandas de esta actividad. Renshaw (2003, p.358) expande la función del maestro como algo que va más allá de simplemente asegurar que los estudiantes aprendan; la enseñanza requiere una reflexión crítica sobre lo que los alumnos

aprenden, en qué contexto y con qué objetivos "y reflexionar sobre *quién* tiene la oportunidad de aprender *qué*" (cursiva en original). Es decir, el desarrollo de los profesores abarca una mayor capacidad de asumir la responsabilidad de un aprendizaje significativo y comprender y tener en cuenta las dimensiones políticas, éticas y sociales importantes del aprendizaje de los estudiantes.

Siguiendo a Gordon y Fittler (2004), el papel del profesor, es la manifestación única de influencias culturales e históricas en muchos niveles y de muchas fuentes. Una identidad social específica surge a través de su introducción y actuación dentro de las tradiciones del conocimiento, los procedimientos y las herramientas materiales de una actividad específica.

La identidad se forma, se localiza y se revela a través de la participación social en actividades específicas organizadas por la sociedad. La "identidad social" (Hedegaard, 2003) conceptualiza la naturaleza contextual de la identidad. Una persona se convierte en un maestro haciendo lo que hace un maestro (Gordon & Fittler, 2004).

De acuerdo a estos planteamientos, la identidad social actual de un profesor está mediada por formas pasadas y emergentes. El plano de desarrollo se compone de identidades sociales superpuestas e intersectadas formadas a través de la participación en diferentes actividades: dominios profesionales y personales y desde diferentes momentos del tiempo. Los recursos intelectuales desarrollados a partir de la participación en estas actividades pueden ser aprovechados, enriqueciendo la actividad actual.

En consonancia con Antoniadou (2011), el reto más importante que la formación de los profesores tiene que afrontar hoy en día es su reconocimiento como proceso de toda la vida. Como tal, tiene que asumir la responsabilidad de responder a las preguntas y preocupaciones subyacentes de la sociedad generando metas y expectativas construidas histórica y culturalmente. Inevitablemente, la formación de los profesores no es estática por naturaleza y, por lo tanto, nunca está sujeta a definiciones cuantificables; esto exige conceptualizaciones para adaptarse a su carácter constantemente cambiante y socialmente mediado, lo que hace complejo este fenómeno.

Actualmente estamos viviendo una era con grandes avances sociales, tecnológicos y metodológicos. Estas innovaciones han traído consigo cambios importantes en los modelos y objetivos de la formación de los profesores. Para ello, autores como Ellis, Edwards y Smagorinsky (2011) ejemplifican desde la perspectiva histórico-cultural trasladar la

comprensión del conocimiento como un objeto o unidad cuantificada, representada como la acumulación de varios productos, para proponer una visión del conocimiento ubicada y contextualizada por los sistemas de actividad, como “algo que se debe acceder y desarrollar en el trabajo conjunto sobre un objeto potencialmente compartido (preocupación) de la actividad” (Ellis et al, p.97), que genera la actividad en términos de proporcionarle un propósito. Por lo tanto, la Teoría de la Actividad, busca entender “la situación del conocimiento y la naturaleza participativa del aprendizaje, no en términos de que el conocimiento esté relativistamente ligado a la situación o el aprendizaje meramente como reproducción; la actividad de los agentes humanos en contextos específicos y los procesos históricos y culturales que permiten a las ideas viajar” (ibid, p.97).

Por lo tanto, esta perspectiva permite pensar en la posibilidad de ampliación de referentes conceptuales, como por ejemplo los modelos para estudiar al profesor, que emergen de una construcción socio-histórico-cultural en palabras de Werstch (1991), el cual plantea que se tienen en cuenta elementos históricos, culturales e institucionales específicos que permean directamente la práctica educativa y los procesos de enseñanza y aprendizaje que la hacen relevante, así como la formación del profesorado. La presente investigación se enfatiza en el profesor de ciencias, el cual tiene unas particularidades con respecto a los demás profesionales de la educación.

Pese a estas posturas, han sido escasos los esfuerzos que han integrado esta perspectiva teórica a la formación de profesores de ciencias (Van Driel et al, 1998; Barnett & Hodson, 2001; Hashweh, 2005; McNicholl & Childs, 2008; Mansour, 2013). Esto da lugar a pensar en establecer relaciones que posiblemente permitan fortalecer, ampliar y reconfigurar, así como modelizar perspectivas a partir de implicaciones teórico-prácticas, que sean el punto de partida para estudiar la acción del profesor de ciencias de una forma holística teniendo en cuenta el desarrollo socio-histórico-cultural que antecede a los procesos de enseñanza y aprendizaje.

De esta forma, es relevante considerar cómo un proceso de formación de profesores enmarcado desde una perspectiva histórico cultural, particularmente en lo que se refiere al concepto de andamiaje, puede ampliar y/o potenciar la conceptualización actual del modelo del conocimiento pedagógico del contenido propuesto por Park y Oliver (2008b). En este sentido, son pocos los estudios en esta línea. McNicholl y Childs (2011) estudiaron las

interrelaciones entre los contextos escolares y universitarios con respecto al desarrollo de PCK⁴. Los autores analizan cómo el contexto social y las interacciones sociales en la escuela actuaron como facilitadores del aprendizaje en la enseñanza de las ciencias. En consonancia, se disponen de relaciones que prevalecen en la perspectiva histórico cultural, es decir, relaciones culturales, sociales, históricas e institucionales que se llevan a cabo en el aula de clase (Werstch, 1991).

Lo anterior posibilita que la interacción profesor-estudiante y estudiante-estudiante, mediados por procesos de andamiaje, permitan comprender cómo se puede enriquecer el modelo anteriormente mencionado, una vez se estudia la acción docente del profesor de ciencias en un contexto de clase, donde la preocupación actual radica en un contexto de educación superior.

En este orden de ideas, se destaca que la formación de los profesores universitarios ha sido de los objetos de investigación menos estudiados (Villalobo & Melo, 2009; Ruiz, 2009; Di Franco, 2009; Parra-Moreno et. al, 2010). En este sentido, como plantea García (2011):

“necesitamos y vamos a necesitar en un futuro próximo profesores que peleen contra el elevadísimo fracaso escolar que padece nuestra sociedad, que desarrollen capacidades para gestionar ambientes de aula muy complejos y multiculturales, que se apropien de las nuevas tecnologías y utilicen todo el potencial que poseen no sólo para motivar a los alumnos sino para dirigirlos hacia un aprendizaje comprensivo y sólido” (p.65).

Coincidiendo con Moreno (2011), en el sistema universitario se busca una docencia de calidad y una investigación de excelencia, acorde con las necesidades que demandan los sectores vinculados al desarrollo cultural, científico y técnico de la sociedad actual. Para lograrlo, los profesores requieren capacidad de autoformación y el convencimiento de que la docencia es una profesión en la que hay que estar continuamente aprendiendo, continuamente intercambiando ideas y proyectos con otros profesores, investigando y

⁴ PCK hace referencia a Pedagogical Content Knowledge en el contexto anglosajón, cuyo desarrollo fue introducido por Shulman en 1986 para abordar la dicotomía problemática identificada por la investigación en las prácticas de educación de maestros que trataron el contenido y la pedagogía como dos dominios de investigación mutuamente excluyentes. Esta idea hace hincapié en la relación necesaria entre los dos para adaptarse a las exigencias del conocimiento adecuado del maestro; en esencia, reconocer enfoques apropiados de enseñanza para un contenido específico, y de manera similar, saber cómo el contenido dirigido puede ser arreglado para lograr una enseñanza eficiente.

difundiendo su conocimiento y experiencias prácticas, innovando para hacer del aula de clase al interior de la universidad un lugar de aprendizaje y formación para todos.

De acuerdo con Villalobos y Melo (2008), la universidad del nuevo siglo exige, tanto del profesor como del estudiante, la adopción de nuevos roles que se expresan en la condición del profesor como formador y del estudiante como sujeto activo en el proceso de aprendizaje.

En esta dirección, una adecuada formación de los profesores constituye un factor clave para la calidad de los procesos académicos de la universidad, la excelencia profesional y humana de sus egresados, que influye, entre otros aspectos, en el desarrollo económico, social y cultural del país.

Una docencia de calidad, sin duda, implica poner énfasis en la figura del profesor, en sus métodos de enseñanza, en las destrezas pedagógicas que debe dominar. En este sentido, más allá de las conductas eficaces para la docencia, investigaciones en el campo de la pedagogía universitaria aconsejan vincular, la enseñanza de los profesores con el aprendizaje de los estudiantes, tanto a nivel teórico como a nivel práctico. De este modo, la formación docente cobra sentido, al relacionarla con su objetivo primordial: la calidad del aprendizaje (Prieto, 2007).

Las transformaciones que aquí se buscan están descritas teóricamente por la Teoría de Situaciones Didácticas (Brousseau, 2007) y la relación con el concepto de Andamiaje (Wood, Bruner y Ross, 1976; van de Pol, Volman y Beishuizen, 2010), con el fin de modelizar el PCK del profesor universitario de ciencias. La revisión de la evidencia empírica afirma que solamente el 11,6 por ciento de la investigación sobre el andamiaje se ha referido a la formación del profesor, lo que indica la importancia atribuida del andamiaje al direccionamiento en la formación de profesores y el desarrollo profesional (Lin et al, 2012), desde una perspectiva histórico cultural en educación superior (Turpen & Finkelstein, 2013).

Es sorprendente y decepcionante que la cantidad de investigación que se centra en la formación de profesores sea mínima, ya que los resultados positivos en el aprendizaje relacionado con el andamiaje podrían informar e influir en cómo los educadores conceptualizan la dinámica de la enseñanza de las ciencias (Azevedo et al, 2005). Como resultado, la formación docente debe ser un foco importante para futuras investigaciones

sobre cómo la comprensión de los andamiajes es una influencia en las decisiones de enseñanza en tiempo real. Las investigaciones previas sugieren de manera superficial que el diseño, la aplicación y la gestión de los andamiajes son componentes esenciales del conocimiento pedagógico de contenido para la enseñanza en las clases de ciencias (Lin et al, 2012).

El concepto de andamiaje parece tener fuertes relaciones teóricas con la Teoría de Situaciones Didácticas que quedan apenas sugeridas en investigaciones precedentes (Soto, 2016) y así mismo con el Conocimiento Pedagógico del Contenido (De Jong & van der Valk, 2007; De Jong, 2009; van der Valk & De Jong, 2009; Kelnner et al, 2010; Alonzo et al, 2012; Lin et al, 2012). Se sospecha la necesidad de que los profesores promuevan la implementación del proceso de andamiaje (van de Pol et al, 2010) a fin de favorecer elementos claves de la Teoría de Situaciones Didácticas como son la dupla regulación-devolución para que los estudiantes aprendan ciencias a partir de la interacción profesor-estudiante y de los gestos didácticos que el profesor genere en el contexto de clase, pero también con la importancia de modelizar los componentes propuestos por Park & Oliver (2008b) a partir de una conceptualización más reciente del conocimiento pedagógico del contenido, todo esto centrado en el lente teórico de la perspectiva histórico cultural, enfocado particularmente en el concepto del andamiaje.

El anterior panorama permitiría modelizar el PCK del profesor universitario de ciencias, a partir del trabajo con los mapas del PCK propuestos por Park y Chen (2012), que postulan las relaciones entre los diferentes componentes, permitiendo comprender de qué manera el profesor articula su acción docente al posibilitar ciertos vínculos entre unos y otros componentes del modelo. En esta perspectiva, la literatura no ha reportado investigaciones que relacionen el andamiaje y la TSD como postulados teóricos que permitan complementar, ampliar y/o potenciar el modelo del PCK con la finalidad última de interpretarlo. De esta forma, adquieren relevancia ya que estructuran el modelo, en tanto se comprende cómo subyacen las relaciones generadas entre los componentes, y estos constructos teóricos, posibilitando analizar con rigurosidad el modelo a través de los mapas de PCK, los cuales exhiben el conjunto de creencias y conocimientos de la acción docente de cada profesor participante.

La anterior contextualización permite orientar la tesis planteándose la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué contribuciones realiza el andamiaje a la conceptualización del PCK a partir del estudio de la acción docente de cuatro profesores de ciencias de educación superior?

De esta pregunta se derivan los objetivos de la investigación:

2.2 Objetivos de investigación

2.2.1 Objetivo general:

Establecer las contribuciones del andamiaje a la conceptualización del PCK a partir del estudio de la acción docente de cuatro profesores de educación superior.

2.2.2 Objetivos específicos:

Interpretar la conceptualización del andamiaje en investigación sobre educación en ciencias a partir de los paradigmas actuales.

Identificar los patrones de enseñanza contingente del profesor de ciencias de educación superior en un contexto de clase donde prevalece la interacción profesor-estudiante.

Analizar los efectos de un dispositivo de formación docente basado en la conceptualización del andamiaje sobre las prácticas de los profesores de ciencias en educación superior.

Potenciar la conceptualización actual del PCK, a partir de la comprensión en la integración de sus componentes y los vínculos establecidos entre los elementos del andamiaje en profesores de ciencias de educación superior.

CAPÍTULO 3. REFERENTES CONCEPTUALES

Esta investigación se sustenta desde la perspectiva histórico cultural (Vygotsky, 1978), la conceptualización actual del proceso de Andamiaje propuesta por Wood, Roos y Bruner (1976) y actualmente desarrollada por van de Pol, Volman y Beishuizen (2010), la Teoría de las Situaciones Didácticas (TSD) propuesta por Brousseau, (1990, 1991, 2007), y la Teoría de la Acción Didáctica Conjunta (TADC), desarrollada por Sensevy (2007), para estudiar la práctica docente desde la didáctica, centrando la atención en los componentes teóricos que favorecen y/o promueven la interacción entre profesor-estudiante que se gestan en clases de química, matemática y biología en un contexto de educación superior con el fin de construir conocimiento.

3.1 Perspectiva Histórico Cultural

La perspectiva histórico cultural, representada por Vygotsky y sus seguidores, le provee una particular importancia al papel de la actividad humana y considera que ésta trasciende el medio social (Patiño, 2007). Para Vygotsky, el aprendizaje es una actividad social y no sólo un proceso de realización individual, como hasta el momento se había sostenido: una actividad de producción y reproducción del conocimiento, mediante la cual el niño asimila los modos sociales de acción e interacción. Este concepto del aprendizaje sitúa, en el centro de atención, al sujeto activo en su interacción con otros sujetos, con sus creencias y con el objeto, elementos que a su vez permiten las transformaciones dentro de él, es decir, sus modificaciones psíquicas y físicas.

Vygotsky (1991) invierte la relación presentada por Piaget y le asigna una importancia medular al aprendizaje en relación con el desarrollo. Esta concepción supera los puntos de vista existentes hasta el momento. Para él, aquello que el sujeto logra hacer con la ayuda de otras personas puede ser, en cierto sentido, un indicativo más determinante sobre su desarrollo mental que lo que logra individualmente.

A sí mismo, la perspectiva histórico cultural concibe la mediación semiótica/herramienta en su capacidad para ser moldeada en la actividad humana y, a su vez, forma la actividad humana misma. Desde este punto de vista, es una fuente de

transformación de las prácticas actuales, el desarrollo, y contribuye a la formación de la cultura.

Como argumenta Zinchenko (1995) en concordancia con Engeström y Miettinen (1999) la perspectiva histórico cultural es un marco teórico que debe su génesis a múltiples fuentes filosóficas, incluyendo escrituras marxistas. La teoría comenzó con la noción de mediación social y semiótica en el desarrollo cognitivo humano, y más tarde formó la base para las teorías socioconstructivistas del aprendizaje y el desarrollo cognitivo. La teoría combina varias escuelas de pensamiento y resultados de los esfuerzos de tres generaciones de investigación por intelectuales prominentes para hacer una “psicología basada en el marxismo” (Wertsch, 1985, p.7). La más representativa de estas tres generaciones es Vygotsky (1978, 1981, 1987), fundador de la idea de la mediación en el desarrollo cognitivo humano, Leontiév (1981) y Engeström (1987, 1993, 1999, 2001).

De esta manera, tal como lo plantea Patiño (2007), la perspectiva histórico cultural, y más particularmente, la teoría de la actividad explica cómo se ajusta el individuo al contexto y a las condiciones bajo las cuales cambia su pensamiento, y hace referencia a tres condiciones particulares: la interacción con los objetos, con los otros y con el yo.

Es necesario tener en cuenta los aspectos que se relacionan con la actividad como categoría psicológica, a partir de los cuales se considera al hombre dentro de un permanente sistema de relaciones con el mundo y con los demás individuos, cuya base es su propia actividad en el interior de ese sistema, con el cuál interactúa de manera constante.

En este sentido, la perspectiva histórico cultural considera que la forma esencial de existencia de lo psíquico se da en su calidad de actividad. Así, señala que los fenómenos psíquicos surgen y se desarrollan solo en el proceso de interacción constante del individuo con su medio. En esta afirmación se expresa el carácter amplio de la comprensión de la actividad, la cual se formula en dos sentidos: uno interno, en tanto todo proceso psíquico ocurre como una actividad; y otro externo, de interacción. Así, la categoría actividad comprende, en esencia, la vía de la interacción del hombre con lo que le rodea y la forma propia de lo psíquico.

Por su parte Vygotsky (1978) plantea que el desarrollo de la cultura humana transcurre, a través de la actividad, como proceso que mediatiza la relación entre el hombre y su realidad objetiva. Por medio de ella, el hombre modifica la realidad y se forma y

transforma a sí mismo. En tal sentido, subraya que “el punto modal del desarrollo social y humano lo constituye el concepto de actividad”. Esto se considera en el contexto del presente trabajo, centro generador de aprendizajes compartidos a partir de las potencialidades que pueden desencadenar la interacción profesor – estudiante y estudiante – estudiante cuando el proceso de enseñanza está mediado por procesos de andamiaje.

3.2 El concepto de andamiaje

El concepto de andamiaje surge a partir de los planteamientos de Wood, Bruner y Ross (1976) y se refiere al apoyo social que se le brinda al estudiante durante el desarrollo de una tarea de aprendizaje. Los andamiajes según estos autores, tienen seis intenciones: 1) motivar al estudiante durante el desarrollo de una actividad de aprendizaje, 2) adaptar la tarea de acuerdo con las necesidades del aprendiz, 3) mantener el interés del sujeto en el desarrollo de la tarea, 4) establecer el avance de la actividad para proponer acciones consecuentes, 5) manejar la frustración del fracaso y, 6) disminuir el apoyo a través del tiempo (Wood, et al., 1976).

En la actualidad, y teniendo en cuenta la anterior conceptualización, van de Pol, et al (2010), proponen un modelo conceptual, que considera tres elementos clave del andamiaje: i) la contingencia, la cual se refiere a la adaptación de las estrategias de enseñanza del docente a las necesidades del estudiante durante el desarrollo de las tareas de aprendizaje; ii) el desvanecimiento, el cual establece el retiro gradual del andamiaje, en la medida en que el estudiante adquiere habilidad en el desarrollo de una tarea y, iii) la transferencia de responsabilidad, que se da cuando el aprendiz adquiere mayor control de su proceso de aprendizaje (figura 4). En este sentido, los autores proponen que para que un profesor ejecute de manera exitosa el andamiaje en clase debe desarrollar los tres elementos que forman el modelo.

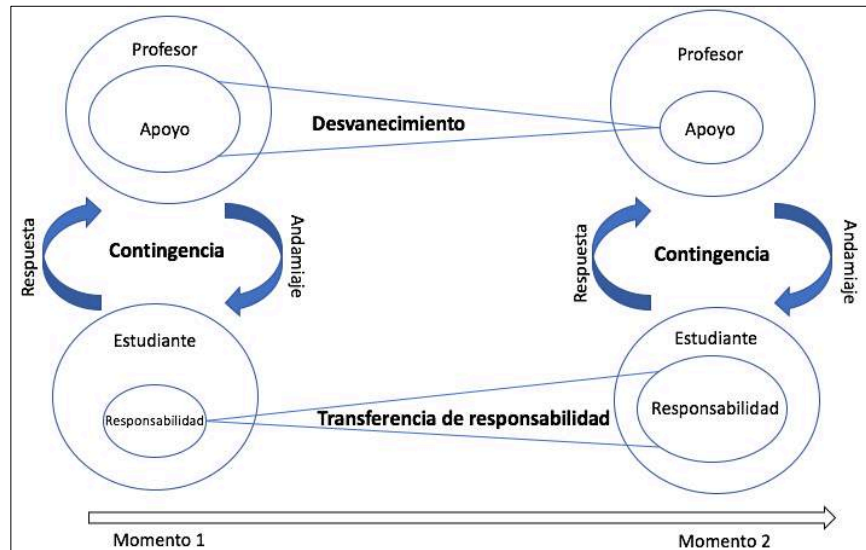


Figura 4. Modelo conceptual de andamiaje (van de Pol, Volman & Beishuizen, 2010 p. 4).

De este modo, en términos educativos, el andamiaje se refiere a una variedad de técnicas de enseñanza que son utilizadas para mover los estudiantes progresivamente hacia una mayor comprensión y, en última instancia, una mayor independencia en el proceso de aprendizaje. El concepto en sí ofrece la metáfora descriptiva relevante de que los profesores proporcionan niveles sucesivos de apoyo temporal que ayudan a los estudiantes a alcanzar niveles más altos de comprensión y la adquisición de habilidades que ellos no serían capaces de lograr sin ayuda. Al igual que el andamio físico, las estrategias de apoyo son progresivas y se van eliminando cuando ya no son necesarias, en consecuencia, el profesor va cambiando el grado de responsabilidad sobre el proceso de aprendizaje para el estudiante (Puntambekar y Hübscher, 2005).

El concepto de andamiaje es ampliamente considerado como un elemento esencial de la enseñanza eficaz, y todos los maestros –en mayor o menor medida–, es casi seguro que utilizan diversas formas de andamiaje educativo en su enseñanza. Además, el andamiaje se utiliza a menudo para cerrar las brechas de aprendizaje, es decir, la diferencia entre lo que los estudiantes han aprendido y lo que se espera que aprendan y ser capaz de hacer en un momento dado en su educación. Por ejemplo, si los estudiantes no están en el nivel de lectura requerido para entender un texto que se enseña en un curso, el profesor puede utilizar el andamiaje educativo para mejorar gradualmente su capacidad de lectura hasta que puedan leer el texto requerido de forma independiente y sin ayuda. Uno de los

principales objetivos de estos andamiajes es reducir las emociones negativas y autopercepción que los estudiantes pueden experimentar cuando se frustran, intimidados o desalentados cuando se trata de una tarea difícil sin la ayuda, la dirección o la comprensión que necesitan para completarlo.

En este sentido, los andamiajes han sido implementados en ambientes naturales teniendo efectos positivos en el aprendizaje de diferentes áreas y niveles educativos (Azevedo, 2005; Radford, et. al, 2014), adoptándose estas nociones al ámbito educativo, mejorando en los aprendices el desarrollo de habilidades de autorregulación, metacognición y el logro del aprendizaje (Azevedo et. al, 2004; López y Hederich, 2010; Manheimer, 2010; Molenaar et. al, 2012).

Además, se ha intentado desarrollar un marco que describa cómo el andamiaje puede apoyar el aprendizaje de la ciencia, la enseñanza y la formación del profesorado para dar competencias al profesorado de ciencias en la integración de andamiajes en su diseño y la práctica de la enseñanza, así como la relación, en alguna medida, con el conocimiento pedagógico del contenido (Lin et. al, 2012).

3.3 Zona de Desarrollo Próximo

Vygotsky (1978) citado por Mestad y Dankert (2014) introdujo el concepto de Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) al discutir la relación entre el aprendizaje y el desarrollo.

Vygotsky definió la ZDP como la distancia entre lo que un niño puede realizar independientemente (el nivel real de desarrollo) y el máximo que un niño puede lograr bajo la guía (el nivel de desarrollo potencial). La ZDP define "actividades" que los estudiantes pueden completar bajo la guía o en colaboración con adultos o con pares más competentes, y el propósito de estas actividades es integrarlas en el nivel de desarrollo real prospectivo del niño. Así, el concepto de ZDP es una herramienta para determinar el estado dinámico del niño "que está apenas comenzando a madurar y desarrollarse" (p.87).

La ZDP se ha considerado difícil de aplicar en el contexto escolar debido a los desafíos prácticos en el diseño de actividades que son adecuadas para cada individuo en el aula (Guk & Kellogg, 2007; Mercer y Fisher, 1997). Por lo tanto, la ZDP se ha utilizado con poca frecuencia para obtener una comprensión de la práctica en el aula y ha sido explicada como periférica en el pensamiento de Vygotsky (Wertsch, 1985) o irrelevante en

el contexto escolar (Davis & Sumara, 2002, p.417). Sin embargo, Guk y Kellogg (2007) afirman que Vygotsky consideraba que la ZDP era central en su investigación, incluso en lo que respecta al aprendizaje y desarrollo en la escuela. Los autores usan la metáfora de Vygotsky (Vygotsky, 1997) para enfatizar que la ZDP trata de organizar un ambiente social más que sobre el "andamiaje individual de los aprendices" (Guk & Kellogg, 2007, p.284). Esta perspectiva cambia el enfoque de la práctica en el aula de cómo influir en las contribuciones de los estudiantes en las actividades discursivas explicativas a cómo facilitar una práctica social (Lave & Wenger, 1991) en la que los estudiantes pueden contribuir dentro de su propia ZDP. Por lo tanto, la ZDP puede considerarse estrechamente relacionada con el concepto de "participación periférica legítima" de Lave y Wenger (1991) así como con el concepto de "andamiaje" de Bruner (Mestad & Dankert, 2014), como se muestra en la figura 5.

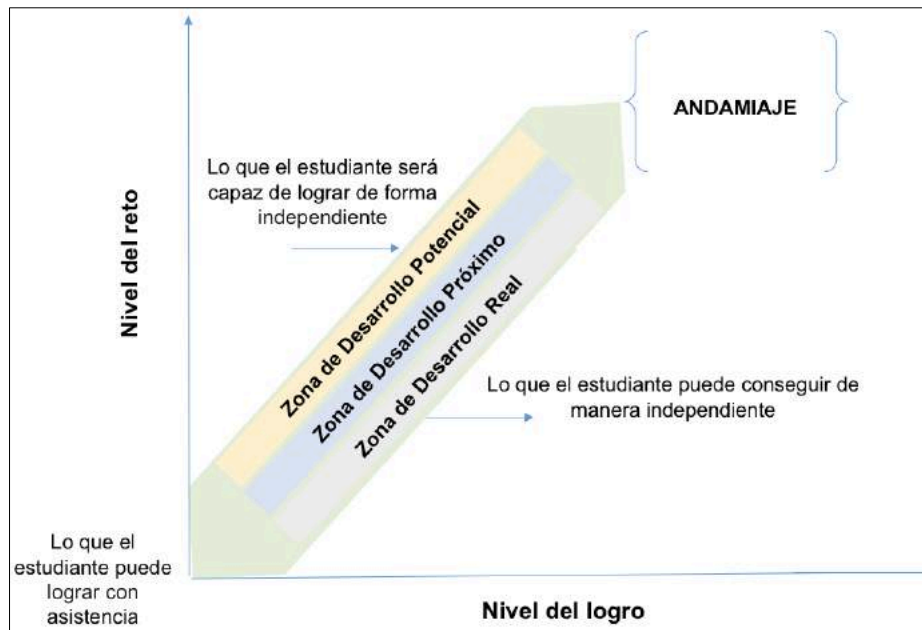


Figura 5. Zona de desarrollo próximo centrada en la enseñanza. Adaptada de Susan Wilson (2008).

3.4 La enseñanza contingente como característica clave del andamiaje

La extensa revisión de literatura realizada en la actualidad por van de Pol y colaboradores (2010) destaca tres elementos principales del andamiaje: (1) contingencia, (2) desvanecimiento y (3) transferencia de responsabilidad.

Para dar tal apoyo, el profesor toma temporalmente parte de la tarea del estudiante con el objetivo de transferirle la responsabilidad en un momento posterior. De esta forma, la contingencia es vista como una característica clave en el proceso del andamiaje.

Para la enseñanza contingente, el profesor puede utilizar varias herramientas como estrategias de diagnóstico y diversas estrategias de intervención. El diagnóstico continuo como elemento de andamiaje, permite al maestro enseñar de manera contingente.

Ruiz-Primo y Furtak (2007) han desarrollado un modelo para examinar la evaluación y las conversaciones de los profesores con los estudiantes, en las que se incluyen el diagnóstico y la intervención contingente. Para los propósitos de este estudio, se decidió adaptar este modelo a partir de las modificaciones propuestas por van de Pol y colaboradores (figura 6).

Por medio del diagnóstico, el profesor recopila información sobre las concepciones actuales de los estudiantes o sus razonamientos, así obtiene una base sobre la cual decidir si conoce suficientemente acerca de las capacidades del estudiante, o si debe aplicar estrategias diagnósticas adicionales o revisar el diagnóstico. En la segunda fase de la enseñanza contingente, el profesor verifica si el estudiante ha entendido correctamente. Así, las contribuciones de un estudiante son reconocidas por el profesor (tercera fase).

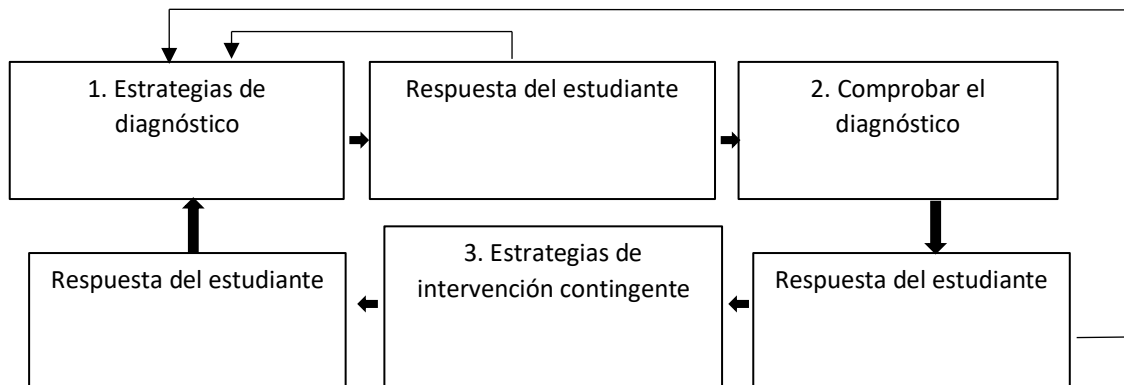


Figura 6. Fases observables de enseñanza contingente (van de Pol et al, 2011)

Este modelo tiene en cuenta una comprobación explícita del diagnóstico al modelo original porque tal control puede ayudar tanto al profesor como al estudiante a establecer una comprensión compartida o la llamada intersubjetividad.

La enseñanza contingente parece escasa y está asociada a contextos educativos tradicionales en los que se espera que el profesor dé lecciones para transmitir el conocimiento. Estos mismos autores encontraron que los ciclos completos de lo que llamamos enseñanza contingente son menos frecuentes que los ciclos inacabados (no contingentes).

3.5 Intenciones y medios de andamiaje

Frecuentemente se hace una distinción entre cómo se producen los andamios (los medios) y lo que es andamiaje (metas o intenciones). De este modo, diferentes medios pueden ser utilizados con diferentes intenciones. La Tabla 5 presenta el marco analítico adoptado para este estudio, propuesto por van de Pol y colaboradores (2011).

Tabla 5.

*Marco de análisis para la intención y los medios del andamiaje**

<i>Intenciones del andamiaje</i>					
	Apoyo a las actividades metacognitivas del estudiante	Apoyo a las actividades cognitivas del estudiante		Apoyo a las actividades afectivas del estudiante	
	Enfoque a la tarea (A)	Principios generales (B)	Materia (C)	Reclutamiento (D)	Control de frustración (E)
<i>Medios del andamiaje</i>					
<i>1. Estrategias de diagnóstico</i>					
<i>1.1. Cuestionamiento</i>					
<i>1.2. Leyendo</i>					
<i>2. Revisión de diagnóstico</i>					
<i>2.1. Cuestionamiento</i>					
<i>3. Estrategias de intervención</i>					
<i>3.1 Retroalimentación</i>					
<i>3.2. Consejos</i>					

3.3. Instrucción

3.4. Explicación

3.5. Modelamiento

3.6. Cuestionamiento

* Traducido (van de Pol et al, 2011, p.56)

3.6 Teoría de Situaciones Didácticas: un marco para la construcción de conocimiento en la enseñanza de las ciencias naturales

Uno de los lentes teóricos que orienta este proyecto se centra en los principales conceptos que sustentan la Teoría de las Situaciones Didácticas (TSD). Con esto es relevante iniciar el desarrollo de cada uno de estos elementos, con el fin de dar un respaldo a la investigación que aquí se presenta.

Inicialmente para pensar en la TSD hay que trasladarnos a un espacio de enseñanza donde se pueda definir un sistema didáctico y se logre definir un medio que es aquello con lo que interactúa el discente, sobre el cual puede realizar acciones y recibir retroacciones que le permitan su validación. Ese medio debe ser seleccionado o diseñado de manera cuidadosa para que los conocimientos producto del aprendizaje por adaptación sean lo más parecidos posible al saber que se quiere enseñar. De esta manera, al tener un saber que direcciona la situación didáctica propuesta por el docente hacia el discente, es posible instaurar un modelo que logre explicar lo que sucede en este sistema a partir de las interrelaciones suscitadas por sus protagonistas. Así, al observar cómo el docente pone en juego unas reglas iniciales que buscan orientar el proceso de la situación didáctica en cuestión, teniendo en cuenta definiciones y fundamentos, es posible establecer el elemento de contrato didáctico que para Brousseau es relevante desde el punto de vista de la legitimidad institucional del saber (Brousseau, 2007).

Con respecto a la enseñanza de las ciencias se considera que el docente debe crear un medio que simule una micro-sociedad científica si se quiere que los discentes puedan plantear buenas preguntas y debatirlas (Brousseau, 1986, citado por Sainz, 2010), siendo los lenguajes y los instrumentos para dominar las situaciones de reformulación y para que las demostraciones sean probadas. En este sentido, instaurar debates en la enseñanza científica, responde a una coherencia educativa necesaria, incluso desde el punto de vista

democrático de formación de futuros ciudadanos, en referencia a las formas de tomar acuerdos, actividad que debe asumir todo ser que piensa. Es decir, se trata de la búsqueda de acuerdos que no responden ni a la autoridad absoluta de un ser infalible, ni al abandono en lo irracional, ni al azar etc. (Legrand, 2001, citado por Sainz, 2010). En este sentido, según Favrat (2001-2002) los docentes no deberían dar solamente problemas para resolver a los alumnos, sino deberían dirigir a los alumnos a formular preguntas, a explicar sus soluciones, a compararlas entre ellos, a justificarlas, a argumentar, etc.

En esta misma dirección, y una vez se ha logrado establecer un engranaje entre la triada didáctica de Chevallard, y la situación didáctica –allí circunscrita– ha sido comprendida por el discente, entonces, estamos en la fase de mayor relevancia que describe la TSD: la construcción de conocimiento por éste. Es decir, la fase de adidacticidad (Sadovsky, 2005), donde lo principal es el desarrollo de los demás gestos clásicos del docente, propuestos en la Teoría de la Acción Didáctica Conjunta (Sensevy, 2007). Es decir, la devolución, la regulación y la institucionalización del saber.

Con el fin de desarrollar estos gestos es interesante postular la siguiente situación: supongamos que estamos trabajando el tema de gases ideales, específicamente, la ley de Boyle. Primeramente, se explican los conceptos fundamentales de la Teoría Cinético Molecular y las variables de Presión–Volumen que se interrelacionan para explicar el comportamiento de este sistema gaseoso partiendo de una ciencia erudita y extrapolándola a una ciencia escolar, teniendo como eje fundamental la transposición didáctica (Chevallard, 1997). En segundo lugar, a partir de los fundamentos teóricos, se plantea una actividad experimental que además de tomar datos y realizar una descripción de lo sucedido en la práctica, busca establecer los roles que tiene el equipo de trabajo en la comunidad científica. Con esto, se pone de manifiesto, que la definición como gesto de la acción docente y el contrato didáctico como elemento de la TSD se dejan en el plano de la aclaración, las expectativas de los agentes didácticos, y la explicación de un conjunto de normas que el discente debe comprender para jugar el juego y ponerlo en funcionamiento.

Un tercer momento estaría dominado por la situación adidáctica, es decir, por esas interrelaciones que se establecen entre los miembros de esa comunidad científica, que en este caso particular, serían los estudiantes y el profesor, con el fin de construir un conocimiento científico escolar (Izquierdo et. al., 1999). De esta forma, los estudiantes

adquieren el rol de científico, circunscritos en el proceso de la devolución, ya que el docente ha puesto la responsabilidad de su proceso de aprendizaje en sus manos para producir sus conocimientos, definidos como los medios transmisibles pero no necesariamente explicitables, de controlar una situación y de obtener de ella un cierto resultado conforme a una expectativa y a una exigencia social. Con esto, se encargan de formular hipótesis a partir de lo observado en la experiencia, ejecutar acciones que permitan corroborar dichas hipótesis y por último validarlas ante los demás compañeros, ante el docente e incluso ante ellos mismos. A medida que se evoluciona, es fundamental la orientación del docente y, con esto, el proceso de institucionalización cobra sentido, porque es la fase donde se establecen relaciones entre producción del estudiante y el saber, además es el enlace entre su nueva experiencia y un conocimiento existente y establecido que se vuelve útil para resolver otros problemas, aclarando por supuesto, que tanto la devolución como la institucionalización son dos importantes maneras de regulación y que son mediadas por el docente.

3.7 Teoría de la Acción Didáctica Conjunta: el profesor como instancia concreta

Es posible que después de la experiencia expuesta en el anterior apartado el saber no haya sido institucionalizado debido a diferentes circunstancias que se dan en el contexto escolar. Por lo tanto, es necesario identificar de qué manera se han llevado a cabo las transacciones didácticas que se han generado entre los agentes didácticos del sistema durante el proceso de la situación adidáctica. En este sentido, teniendo en cuenta a Rickemann, Angulo y Soto (2012), la problematización de estos hallazgos se organiza a través de los tres ejes de reflexión que conciernen los lugares (mesogénesis), las posturas (topogénesis) y los tiempos (cronogénesis) del enseñar y aprender tal como proceso conjunto docente – discente.

Por lo tanto, los fenómenos didácticos que están inmersos en el sistema didáctico y que son inherentes a las interrelaciones entre los agentes didácticos, son conceptos sistémicos, es decir, ayudan a describir, desde un punto de vista particular, el “estado” de ese sistema en un momento dado de su evolución, como, por ejemplo, en el momento en el que se observa el fenómeno (Sensevy, 2007). Siguiendo las ideas de este autor quién visualiza al profesor como una instancia concreta, diferente a como lo visualizaban

Chevallard y Brousseau en sus teorías, es relevante enfatizar en los fenómenos didácticos como interrelaciones que potencian la producción de conocimiento a partir de una situación didáctica establecida y un medio didáctico bien estructurado para este fin, que son generados por el profesor cuando promueven efectivamente los gestos didácticos.

En primer lugar, la mesogénesis describe la evolución del medio didáctico a lo largo de la sesión de clase o de las articulaciones de los diferentes medios didácticos durante una secuencia de enseñanza-aprendizaje. Teniendo en cuenta que el entorno material, semiótico y simbólico de la tarea se convierte en medio didáctico a partir del momento en que los estudiantes lo hacen parte y lo transforman con su actividad. De esta manera, volviendo a la situación didáctica planteada con anterioridad, la dimensión material del medio didáctico está formada por el conjunto de objetos e instrumentos a través de los cuales los estudiantes asumen y realizan la tarea: una jeringa, un termómetro, la hoja en que anotan datos y, aunque menos evidente la temperatura y la cantidad de sustancia como constantes. Esta dimensión material implica, también, una dimensión semiótica: números, texto narrativo, lenguajes formales para la expresión de la presión y el volumen en atmósferas y litros, respectivamente, etc.

Según la situación, la parte simbólica son todas aquellas instrucciones, comentarios o posteriores regulaciones que acompañan esta actividad, que pueden estar inicialmente realizadas por el profesor. Este medio evoluciona con el desarrollo de la situación, porque los estudiantes van a llenar las hojas con los datos y llegará un momento en que la lista de datos será la base, por ejemplo, para realizar una gráfica y su posterior análisis y discusión. De esta manera, las etapas transcurridas desde la observación inicial de los instrumentos, hasta la postulación de argumentos para dar una explicación al comportamiento gaseoso, pasando por la toma de datos y la elaboración de gráficas, indican diferentes estados de la mesogénesis de la situación.

En segundo lugar, la topogénesis describe la distancia de los estudiantes con el saber a lo largo de la clase. Al principio, el topos de los estudiantes suele ser “lejano” puesto que no tienen por qué saber aquello que se les quiere enseñar, o conocer algunos elementos pero no están articulados todavía a un “texto del saber” reconocido por la colectividad local (grupo, clase) o en general. En dirección del mismo ejemplo, la mayoría de los estudiantes no sabe qué interés puede tener el conocer la relación entre la presión y el

volumen en un sistema gaseoso considerado como ideal, no sabe hasta qué punto una precisión en las medidas y su reproducibilidad es importante, etc. En este sentido, topogenéticamente los estudiantes están “lejos” del saber. Cuando interpretan correctamente las instrucciones de la tarea de aprendizaje, es decir, tomar las medidas de las variables y corroborar que la temperatura sea constante, anotarla con cierto número de cifras significativas, en la hoja adecuada, con su hora y fecha, con el dibujo del montaje, etc., están llevando a cabo prácticas que los “acercan” a nuevas dimensiones del saber. Por contraste con su experiencia cotidiana de la temperatura, la presión y el volumen, la tarea los acerca a nuevas prácticas expertas.

El docente, con sus ayudas e instrucciones, es quien ha favorecido y mediado en este proceso, pero se fija como meta que en un momento dado los estudiantes lo hagan por sí mismos, es decir, no porque él lo pida, sino porque han entendido la semántica de la tarea (por ejemplo, que si no hay datos precisos, no se puede obtener un gráfico fiable y, en consecuencia, el ejercicio carece de la sistematicidad descriptiva de la observación científica). En este sentido, es claro que los procesos topogenéticos se desarrollan a partir de la articulación de dos tipos de variables: la variable “externa” docente-discente y la variable “interna” experto-novato. Desde un punto de vista didáctico, la meta del docente consiste en que los estudiantes acepten la tarea basándose en la “confianza” que despierta su estatuto de profesor (experto); sin embargo, aunque el profesor conserva generalmente su estatuto, les delega a los estudiantes una parte de la responsabilidad que implica la tarea, es decir, comparte su experticia y los incita a desarrollar poco a poco la propia.

En tercer lugar, los fenómenos cronogenéticos se dan por el hecho de que la institución escolar está sometida a currículos y programas y a estructuras temporales (por ejemplo, dos horas de clase de química a la semana). Dadas las limitaciones temporales, el docente no puede sencillamente esperar a que los aprendizajes surjan o se construyan según el ritmo de cada estudiante. Por el contrario, el docente da pautas circunscritas en el tiempo que dependen de las pautas institucionales que se le imponen. En la situación de trabajo, el fenómeno cronogenético está en los límites que el docente impone a la tarea, lo que se debe realizar en cierto tiempo (2 experimentos, 9 medidas, 2 gráficas, 4 horas de clase, etc.). De esta manera, en las prácticas escolares hay momentos de “evolución cronogenética” cuando por ejemplo el docente hace una tarea de síntesis de lo que se ha realizado en cierto número

de tareas e institucionaliza el saber qué estaba en juego. En la situación que estudiamos, el momento en el que después de analizar los gráficos, se construye la noción de relación inversa entre las variables presión-volumen. Es importante aclarar que, en algunos casos, los mismos estudiantes provocan evoluciones cronogenéticas, cuando por ejemplo, a partir de una buena interpretación de una tarea o de una buena respuesta a un interrogante del docente, permiten que la actividad evolucione. En estos casos, su intervención es relevante ya que trae como resultado un cambio de actividad hacia la siguiente.

3.8 Conocimiento Pedagógico del Contenido (Pedagogical Content Knowledge)

La enseñanza que promueve un profesor de educación superior, es de interés continuo para la política pública, la comunidad científica y la sociedad, principalmente porque la enseñanza obliga a lograr aprendizajes –de calidad– y, son estos los que reportan, de alguna manera, la eficacia del profesor. Por cierto, que es una mirada restringida y limitada del proceso de enseñanza y aprendizaje, pero no podemos desconocer el amplio interés que esto tiene, sobre todo cuando el conocimiento profesional docente se concibe como la precondición para el éxito de la enseñanza (Fischer, Borowski & Tepner, 2012). La situación podría ser más compleja, y a la vez de mayor interés, si el foco estuviera en profesionales de otras áreas de conocimiento que no fueron formados para enseñar, y que, sin embargo, hoy tienen la responsabilidad de hacerlo, como sucede en el contexto colombiano.

Shulman (1987) propuso que el conocimiento base del profesor estaba constituido por siete categorías: 1) conocimiento del contenido; 2) conocimiento curricular; 3) conocimiento pedagógico del contenido; 4) conocimiento pedagógico general; 5) conocimiento sobre el aprendizaje y sus características; 6) conocimiento del contexto y, 7) conocimiento de educación y propósitos. Destacando de ellos, el Conocimiento Pedagógico del Contenido o Pedagogical Content Knowledge (PCK), como aquél que permite al profesor representar, organizar y adaptar un contenido para su enseñanza, y develar en parte, el pensamiento pedagógico del profesor por su origen en la teoría cognitiva (Shulman, 2015). Por su parte, Grossman (1990) remite el conocimiento del profesor al conocimiento del contenido, pedagógico, de contexto y pedagógico del contenido, éste último integrador de todos los otros (Gess-Newsome, 1999).

En tanto, Magnusson, Krajcik y Borko (1999) describen al PCK como la transformación de varios tipos de conocimiento para la enseñanza, tales como: 1) orientación hacia la enseñanza de las ciencias; 2) conocimientos y creencias acerca del currículum de ciencias; 3) conocimientos y creencias acerca de los entendimientos de los estudiantes de tópicos específicos de ciencias; 4) conocimientos y creencias acerca de la evaluación en ciencias y, 5) conocimientos y creencias acerca de las estrategias de instrucción para la enseñanza de las ciencias.

A partir de las propuestas de Grossman (1990), Tamir (1988) y Magnusson et al. (1999) surge el modelo pentagonal, propuesto por Park y Oliver (2008b). Los cuatro dominios de conocimiento de Grossman para la enseñanza proporcionaron una base teórica que ayudó a conceptualizar el PCK en relación con otros dominios de conocimiento docente en el desarrollo del modelo pentágono (Park y Oliver, 2008b) como se muestra en la figura 7.

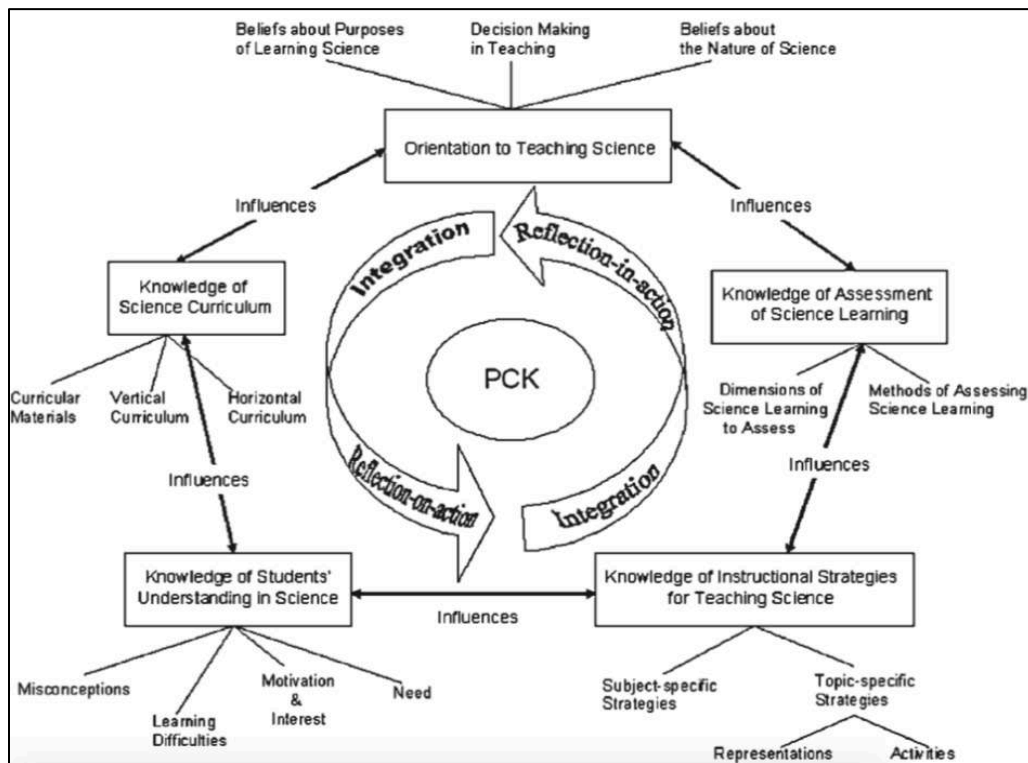


Figura 7. Modelo pentagonal del PCK para la enseñanza de las ciencias. (Park y Oliver, 2008b, p.815)

Al adoptar las ideas de Grossman (1990), el PCK se define como un dominio especial de conocimiento producido por la transformación de otros dominios de conocimiento para crear oportunidades de aprendizaje efectivas (Gess-Newsome, 1999). Surge de ahí el modelo pentagonal de PCK, usado en esta investigación como herramienta heurística para construir los mapas del PCK.

En el año 2012 se re-examinó el PCK (Berry, Friedrischsen & Loughran, 2015) describiéndose, en general, dos tipos de PCK, uno personal y otro en acción. Como plantea Gess-Newsome (2015): “el PCK personal, es la reflexión sobre la acción, es decir, un conocimiento que favorece el razonamiento sobre la planificación de la enseñanza” (p.36). En tanto, el otro PCK complementado a las habilidades de enseñanza, permite la acción de enseñar. Por lo tanto, hablamos del PCK como una reflexión en la acción.

En el contexto iberoamericano el PCK hace referencia a un conocimiento propio y diferenciador del quehacer de otros profesionales (Valbuena 2007; Ravanal & López-Cortés, 2016), dinámico, sistémico e integrador (Farré & Lorenzo 2014) y a su vez práctico y orientado a la enseñanza (Parga & Mora 2014). Por lo tanto, el PCK es una construcción interna del profesor que surge de la transformación e integración de los conocimientos académicos (Melo Niño, Cañada, Mellado & Buitrago, 2016) a partir del ejercicio profesional y la toma de conciencia de todo lo que implica la acción educativa, antes, durante y después (Hashwed, 2005).

En la educación superior colombiana no es claro que el profesor que oriente una asignatura, deba ser titulado como licenciado para ejercerla. Considerando lo anterior, dichos profesionales enseñan su disciplina en propiedad, desplegando una serie de acciones educativas derivadas de sus creencias y conocimientos, y en ese sentido, la historia de vida y las experiencias con profesores ha constituido un verdadero andamio para construir teorías personales sobre la enseñanza. Existe en el imaginario de las personas una idea de enseñanza y de las maneras de llevarla a cabo, y son éstas las que conceptualizan el rol de enseñante. Como plantea Litwin (2008): “el oficio de enseñar trasciende los niveles del sistema educativo, por ello, son variadas las oportunidades que enfrentan estos profesionales para la construcción de conocimientos para la enseñanza” (p.92). En ese marco, quizás el problema no sea evaluar la existencia de un tipo de conocimiento para la enseñanza, sino más bien de explorarlo, caracterizarlo para usarlo como medio de

discusión, reflexión y problematización con miras a construir el conocimiento necesario para enseñar, en virtud de ello, el PCK.

3.9 Investigación sobre la interacción entre los componentes del PCK

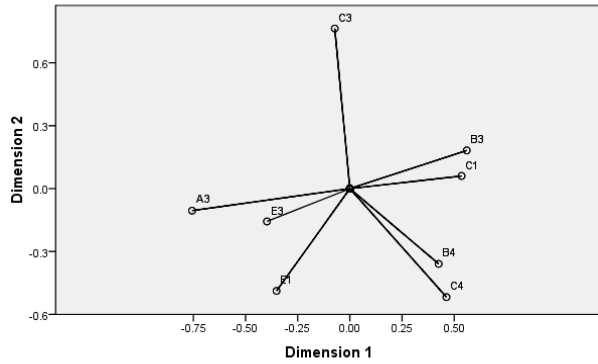
Al realizar la revisión en la literatura sobre las relaciones entre los componentes del PCK existen escasos estudios, algunas investigaciones de este tipo se relacionan en la Tabla 6.

Tabla 6.

Estudios que muestran relaciones entre los componentes del PCK

Kaya, O. (2009). The nature of relationships among the components of pedagogical content knowledge of pre service science teachers: "Ozone layer depletion" as an example.	
La investigación se realiza con estudiantes de licenciatura, se centra en la exploración de las relaciones entre los componentes de PCK, para lo cual se estableció una rúbrica de puntuación (respuestas apropiadas 3.5 puntos; plausible 1 punto e ingenua 0 puntos) de acuerdo al tipo de respuestas dadas a un cuestionario sobre el agotamiento de la capa de ozono. Los resultados fueron examinados mediante análisis cuantitativo del coeficiente de correlación de Pearson MANOVA, estableciendo las relaciones entre cuatro componentes del PCK.	<p><i>Aportes de la investigación:</i> Se establecen relaciones entre los componentes del PCK de forma cualitativa y cuantitativa. De forma tal, que ayuda a entender cómo se desarrolla y cuál es la naturaleza del PCK relacionado con el agotamiento de la capa de ozono.</p> <p>Gracias a los resultados obtenidos, se presentan sugerencias para desarrollar programas de formación docente que incidan en la enseñanza de esta temática.</p> <p><i>Limitaciones del estudio:</i> no se presenta una modelización que permita comprender mejor el tipo de relaciones que se establece entre los componentes.</p>
Padilla, K., & Van Driel, J. (2011), The relationships between PCK components: the case of quantum chemistry professors.	
Se realiza esta investigación mediante entrevistas hechas a profesores universitarios experimentados que enseñan química cuántica, para identificar y analizar las relaciones entre los componentes del PCK, teniendo en cuenta lo propuesto por Magnusson <i>et al.</i> (1999). Se utilizó el método PRINCALS para establecer las relaciones entre los subcomponentes, la información	<p><i>Aportes de la investigación:</i> Se identificaron las conexiones entre componentes del PCK relacionados con la enseñanza de la química cuántica de una manera muy específica, documentando el PCK de los profesores. Caracterizando, para cada maestro, su perfil</p>

obtenida con este programa es un gráfico de cada profesor, mediante flechas se representan los subcomponentes, entre menor sean los ángulos de las flechas más relacionados están.



docente y sus consideraciones sobre enseñanza de este tema.

Limitaciones del estudio: Mediante un gráfico se establecen las interrelaciones entre los componentes, pero para conocer sus frecuencias realizaron una codificación aparte.

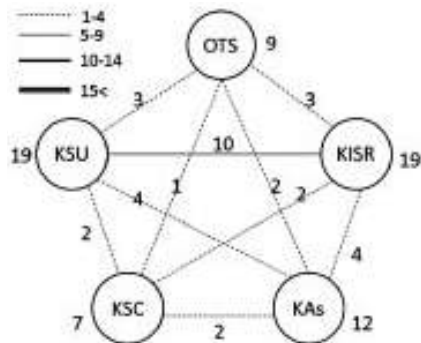
Además se da el mismo valor a cada conexión establecida.

De acuerdo con los autores de la investigación, una limitación fue no haber hecho uso de las observaciones de clase o las percepciones de los estudiantes.

Park, S., & Chen, Y. (2012). Mapping Out the Integration of the Components of Pedagogical Content Knowledge (PCK): Examples From High School Biology Classrooms.

Se realizó un estudio sobre la integración y el mapeo de los componentes del PCK realizado a partir de la enseñanza en clases de biología sobre la herencia y la fotosíntesis, en una escuela secundaria. Se utilizó una metodología cualitativa, efectuando el análisis en profundidad, el enfoque enumerativo y el método comparativo constante.

Los resultados fueron presentados en un modelo de pentágono. Además, el enfoque enumerativo permitió establecer la frecuencia con la cual ocurrieron las interacciones.



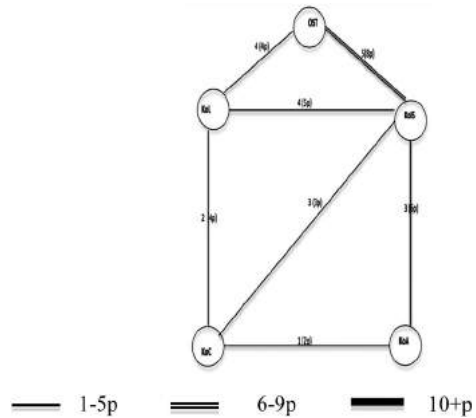
Aportes de la investigación: proponer un modelo mediante el cual sean visibles la frecuencia y las relaciones que se establecen entre los diferentes componentes del PCK. Además el mapeo permite identificar los componentes que los profesores poseen o no, de esta manera se puede comprender cómo el PCK está estructurado para la enseñanza de un tema específico, identificando qué componentes y conexiones necesitan mejorar para que la enseñanza de un tema en particular se efectúe de manera más efectiva.

Limitaciones de la investigación: los autores del estudio expresan que por conveniencia analítica las conexiones que se establecen tienen el mismo valor o “fuerza de 1”, aunque expresan que éstas podrían ser diferentes.

No hay direccionalidad entre las conexiones, de forma tal que se pueda establecer qué componente influye sobre otro.

Aydin, S., & Yezdan, B. (2013). The nature of integration among PCK components: A case study of two experienced chemistry teachers.

Se analiza la naturaleza de la integración entre los componentes del PCK mediante el estudio de caso de dos profesores experimentados de química enseñando reacciones Redox y celdas electroquímicas, para lo cual se utilizó el modelo de pentágono propuesto por Park y Oliver (2008b). Para el enfoque enumerativo crearon una rúbrica con valores de 1 a 3, en la cual se determinó la calidad de las integraciones entre los componentes del PCK en relación con las acciones que efectúa el profesor para que los estudiantes sean partícipes de su aprendizaje.



Aportes de la investigación: Este estudio contribuye a estudiar las integraciones del PCK, además utiliza diferentes valores para las conexiones que se establecen entre los diferentes componentes del PCK.

Limitaciones de la investigación: No hay direccionalidad entre las conexiones, de forma tal que se pueda establecer que componente influye sobre otro.

Se crea una rúbrica de acuerdo a las acciones que implementa el profesor para que el estudiante pueda construir su propio conocimiento; sin embargo, en ésta no se hace explícito como cada componente del PCK es evaluado.

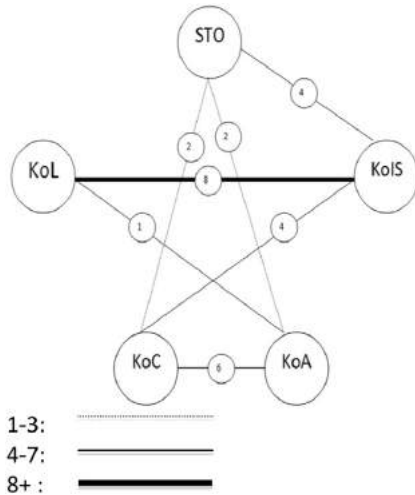
Aunque existe una rúbrica de diferentes valores de 1 a 3 que se pueden establecer en las conexiones, en el mapeo, las líneas de las conexiones representan un puntaje total y a simple vista no se puede establecer una correspondencia con los valores de la rúbrica creada. De esta forma, las líneas de conexión pueden corresponder a las frecuencias de las conexiones y no a su “fuerza” o calidad.

Aydin, S., Demirdögen, B., Akin, F., Uzuntiryaki-Kondakci, E., & Tarkin, A. (2014). The nature and development of interaction among components of pedagogical content knowledge in practicum.

Estudiaron a partir de un análisis secundario cómo las interacciones entre los componentes del PCK de docentes en formación se desarrollaron a lo largo de un curso optimizado con tutores y la naturaleza de esas interacciones. Los datos se obtuvieron de tres profesores en formación, mediante el uso de la representación de contenido (ReCo) y entrevistas semiestructuradas. Los resultados revelaron que el desarrollo de integraciones era idiosincrásico. Además, la integración del PCK pasó

Aportes de la investigación: Este estudio contribuye a estudiar las integraciones entre los elementos del PCK, además utiliza un dispositivo metodológico que incluye a los tutores en el desarrollo de la práctica de los profesores en formación, con el fin de fortalecer sus relaciones entre los diferentes componentes del PCK. Es decir, que obtienen inicialmente un pre-mapa y al final de la investigación obtienen un post-

de ser fragmentada a una más integrada y coherente al final del semestre.



mapa del PCK. Esto permite encontrar que la interacción entre los componentes de PCK se fragmentó inicialmente, pero se integró al final del curso.

Se considera cómo los componentes de PCK influyen e informan entre sí y tratan de arrojar luz sobre la interacción entre esos componentes en el contexto de la práctica.

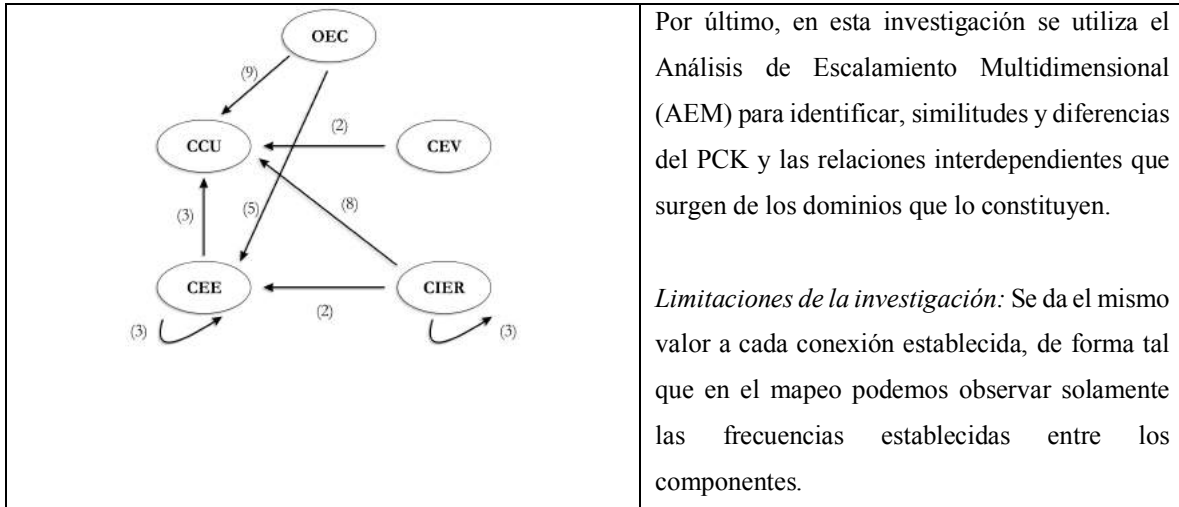
Limitaciones de la investigación: Se encontró que la práctica era inadecuada para estimular la interacción entre el conocimiento de la evaluación y la estrategia de instrucción. A pesar de que los profesores en formación desarrollaron todos los componentes del PCK y, en gran medida, la interacción entre ellos, la conexión entre el conocimiento de la evaluación y la estrategia de enseñanza fue deficiente. En el contexto de práctica, esta interacción debe enfatizarse planteando preguntas sobre cómo los profesores pueden usar el conocimiento recibido de la evaluación para adaptar la instrucción. Los autores sólo incluyen en su metodología entrevista y cuestionario ReCo; no hacen uso de las observaciones de clase.

Betül Demirdöğen (2016). Interaction Between Science Teaching Orientation and Pedagogical Content Knowledge Components.

El propósito de este estudio de caso es profundizar en las complejidades de cómo las orientaciones de enseñanza de las ciencias de los profesores de ciencia en formación, vistas como un conjunto de creencias interrelacionadas, interactúan con los otros componentes del PCK. Ocho profesores de ciencias en formación participaron en el estudio. Los datos cualitativos se recopilaron en forma de representación de contenido, respuestas a un instrumento abierto y entrevistas semiestructuradas. La orientación de los profesores y el PCK se analizó deductivamente.

Aportes de la investigación: El aporte más significativo es que se profundiza en la comprensión de la relación de la orientación de la enseñanza de las ciencias y los demás componentes del PCK que inicialmente fue propuesto por Friedrichsen et al. (2011) El análisis de comparación constante de cómo la orientación de los profesores interactuó con otros componentes de PCK reveló tres temas principales: (1) el propósito del profesor para la

	<p>enseñanza de las ciencias determina los componentes del PCK con los que interactúa, (2) las creencias de un maestro sobre la naturaleza de la ciencia no interactúan directamente con su PCK, a menos que esas creencias se relacionen directamente con los propósitos de la enseñanza de la ciencia, y (3) las creencias sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia interactúan principalmente con el conocimiento de las estrategias de enseñanza.</p> <p>Se establece un modelo que permite evidenciar las relaciones estudiadas en la investigación.</p> <p><i>Limitaciones de la investigación:</i> Los hallazgos están limitados al grupo de participantes. Sin embargo, el propósito de este estudio de caso no fue generalizar. En este sentido, falta relacionar los demás componentes del PCK y no sólo centrarse en la orientación de la enseñanza hacia los demás.</p> <p>Metodológicamente, sólo tienen en cuenta el instrumento ReCo para valorar las relaciones de los componentes del PCK.</p>
<p>Ravanel, E., & López-Cortes, F. (2016). Mapa del conocimiento didáctico y modelo didáctico en profesionales del área biológica sobre el contenido de célula.</p>	
<p>Se realiza el mapeo del PCK de la célula y lo relacionan con su modelo didáctico, a partir del análisis realizado a las respuestas dadas al cuestionario semiestructurado ReCo por cinco profesionales que ejercen como profesores, para lo cual se utilizó una metodología cualitativa y cuantitativa con enfoque descriptivo interpretativo. El mapeo se realizó mediante análisis de contenido, enfoque enumerativo de los componentes del PCK, estableciendo las relaciones entre ellos y determinando las frecuencias de relaciones, y la modelización establecida a partir de Park & Oliver (2008).</p>	<p><i>Aportes de la investigación:</i> Esta investigación resulta interesante al establecer las relaciones entre diferentes componentes del PCK y caracterizarlos en su profundidad. Además, propone que las conexiones sean direccionadas y así analizar los fines de cada una de ellas. Adicionalmente, relaciona el mapeo del PCK con el enfoque didáctico de los profesores, lo cual permitiría planear acciones puntuales dentro de los programas de desarrollo profesional docente.</p>



Teniendo en cuenta las investigaciones relacionadas con el PCK, y principalmente centrados en las limitaciones de las mismas, es claro que profundizar en comprender cómo se desarrollan y se relacionan los componentes del PCK es un propósito de la investigación en formación de profesores de ciencias hoy en día. En este sentido, buscando ampliar y contribuir a la investigación en este campo, se ha propuesto vincular el constructo del andamiaje con el fin de explicar qué es lo que posibilita que el profesor establezca unas u otras relaciones entre los componentes del PCK. De esta forma, y contrario a los planteamientos de las investigaciones registradas en la Tabla 6, se pretende explicar que las relaciones se llevan a cabo gracias a la generación de los elementos del andamiaje – contingencia, desvanecimiento y transferencia de responsabilidad– que subyacen en la acción docente del profesor, los cuales surgen a partir de la efectiva interacción entre el profesor y el estudiante; proceso que ocurre en el acto socio-cultural de enseñanza y aprendizaje.

CAPÍTULO 4. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presenta el estudio empírico seguido en esta investigación, en donde se define el paradigma de investigación, el enfoque, el dispositivo metodológico, los participantes y el contexto, los instrumentos de recolección de información, los registros de información junto con la organización y categorización de la misma. Para este último, se atienden aspectos conceptuales que responden a la metodología, tratándose de algunas derivaciones metodológicas provenientes de la base conceptual.

4.1 Paradigma de investigación y enfoque

El presente estudio responde a una investigación de naturaleza cualitativa de corte descriptivo, orientado hacia la comprensión de fenómenos educativos y sociales (Sandín, 2003) que busca indagar, profundizar y describir a partir de una práctica de aula la acción docente y la interacción con los estudiantes. En esta propuesta el proceso de indagación es flexible y su propósito consiste en “reconstruir la realidad” o realidades (Martinez, 1998) que son dinámicas y se modifican conforme transcurre el estudio, por ello se dice que es una práctica investigativa naturalista e interpretativa. Asimismo, se optó por el enfoque de estudio de caso, ya que implica un proceso de búsqueda que permite estudiar a profundidad y en forma detallada el caso en cuestión, hasta obtener los resultados. De acuerdo con Stake (1995) su propósito “no es el de representar el mundo como totalidad, sino el de representar el caso en sí” (p.245).

La selección del caso del presente estudio que representa a los profesores, ha venido determinada por la oportunidad de aprender que el mismo nos ha brindado (Stake, 1995). Es decir, hemos seleccionado los diferentes casos que nos permitieran ilustrar el máximo posible sobre nuestro objeto de investigación. Glaser y Strauss (1967), proponen el concepto de “muestra teórica” para referirse a esa búsqueda de personas y situaciones, que puedan ser especialmente relevantes o fructíferas para los fenómenos que interesan estudiar. Es una forma de recoger datos ricos y sugerentes del modo más puro posible y con la mínima pérdida de tiempo posible (p. 224).

El dispositivo metodológico de esta investigación es La Clínica Didáctica, que han venido desarrollando los grupos de Semiótica – Educación – Desarrollo (SED –

Universidad de Ginebra) y GECEM de la Universidad de Antioquia, basada en métodos que se complementan entre sí para obtener “un cuadro clínico” de las situaciones reales de enseñanza y aprendizaje. La unidad básica de observación es la evolución de las relaciones al interior de la terna docente – medio didáctico – estudiante/s a lo largo de una secuencia didáctica. Esta propuesta se sustenta principalmente en la perspectiva socio-constructivista propuesta por Vygotsky, la cual parte de la noción de que el aprendizaje es un proceso social activo que se desencadena por la interacción dinámica entre docente, estudiantes y la tarea a desarrollar; en esta construcción del aprendizaje intervienen tanto componentes y factores individuales como sociales, relacionados con el contexto físico y cultural en que se desarrolla.

Es importante resaltar que la clínica didáctica se inspira fuertemente en la investigación etnográfica con la cual comparte un interés por la observación, descripción, y comprensión de las situaciones didácticas reales, con el fin de describir y comprender sus lógicas endógenas de funcionamiento (Rickenmann, 2012).

4.2. Dispositivo metodológico: la clínica didáctica

La clínica didáctica se origina esencialmente en la escuela francófona, hacia principios de la década de los 80. La historia reciente de este paradigma investigativo, contrasta con el vigor de la producción científica en el campo de las didácticas de las disciplinas escolares, dentro de la cual se destacan particularmente los trabajos en didáctica de las matemáticas (Chevallard, Brousseau), de la lengua (Bronckart & Schneuwly, Dolz) y de las ciencias (Vergnaud, Martinand).

El proyecto epistemológico específico de una clínica didáctica aparece muy tempranamente en los textos propuestos por Chevallard (1982) sobre didáctica de las matemáticas, en los que este investigador analiza la necesidad de adoptar una postura de investigación –acción para las didácticas de las disciplinas e indica la pertinencia de inspirarse en los esquemas clínicos desarrollados en otras áreas de las ciencias humanas. Subraya Chevallard que la gran ventaja e interés de la investigación clínica es la particular articulación que se produce entre: a) el proyecto de elaboración de un corpus teórico basado en procesos y métodos científicos y b) los efectos prácticos del mismo en el ejercicio profesional del área (citado en Rickenmann, 2012).

Es así como se plantea la idea de inspirarse en el modelo epistemológico y metodológico de “hacer ciencia” de la clínica médica, desarrollado y generalizado en la formación de los galenos a partir del siglo XVIII (Foucault, 1966). El proyecto propuesto por Chevallard, una “clínica para el docente”, hace una analogía con el funcionamiento del cuerpo médico, en la que un gran número de profesionales, participan activamente en el desarrollo del saber a partir de un trabajo de acopio, sistematización y socialización de los datos clínicos que emergen de la práctica misma, donde los observables evidencian síntomas que se organizan en referencia a un cuadro clínico que constituye un modelo explicativo-predictivo sobre el cual se produce un diagnóstico (Leutenegger, 2009).

Desde este punto de vista, se puede identificar de manera clara las dos principales características de la investigación clínica didáctica. Como en la investigación etnológica, de la que también se inspira fuertemente, la primera característica es que está definitivamente volcada hacia la observación, descripción y comprensión de las situaciones didácticas reales, es decir, tal y como se dan en el ámbito natural de la escuela, con el fin de describir y comprender sus lógicas endógenas de funcionamiento (Friedberg, 1997). Pero, en contraposición con la gran mayoría de investigaciones del paradigma etnometodológico, el estudio clínico de las situaciones auténticas no pretende que las lógicas de organización y de sentido de la realidad surjan de manera inmediata y transparente para el investigador/observador. Por el contrario, la observación está instrumentada por un cuestionamiento a priori del carácter epistemológico de los saberes en juego y de las prácticas o usos que de ellos se desprenden. Es en el marco de esta lectura pragmática del saber que Brousseau, en el marco de la didáctica de las matemáticas, sostiene el programa investigativo de identificar “situaciones fundamentales” ligadas a los saberes matemáticos. No se trata pues de una lectura de la “praxis” desnuda e inmediata, sino de una mirada epistemológica que modeliza discursivamente las prácticas relativas a un saber.

Por ello, una segunda característica de la investigación clínica didáctica es la de orientar la mirada observadora a partir de modelos teóricos que permiten discriminar y organizar lo observado. Como en el marco de las prácticas clínicas médicas, los observables devienen síntomas y se organizan en referencia a un cuadro clínico que constituye un modelo explicativo-predictivo sobre el cual se apoya el observador para producir su diagnóstico. Al mismo tiempo, y en ello radica la fuerza epistemológica de la

metodología investigativa desarrollada desde la clínica, los diferentes diagnósticos sometidos no solamente a los procesos de validación científica, igualmente a la realidad misma de lo observado, conducen a re-interrogar y a ajustar constantemente estos modelos teóricos. Se trata así de un vaivén dialéctico entre los procesos de teorización, los procesos de ajuste metodológico y la evolución misma, histórico-culturalmente dinámica, de las realidades escolares estudiadas. En este sentido, los observables no son pertinentes sino en función de las preguntas de investigación que apuntan a su vez a la teoría que sirve de marco a partir del cual éstas se formulan (Rickenmann, 2012).

Así mismo, en la investigación en clínica didáctica se adopta una perspectiva de ingeniería didáctica (Brousseau, 1986, 1998), que supone ciertamente efectos (indirectos) de modificación de las prácticas didácticas de los docentes participantes (y por lo tanto, también en sus alumnos), pero no se focaliza en el producto de la innovación sino en describir los fenómenos didácticos que se generan.

A continuación en la figura 8, se sintetiza el proceso metodológico que se construyó para esta investigación, el cual está conformado por cuatro fases. Aunque en algunos momentos el informe puede dar la sensación de que se siguió una secuencia de pasos lineales, realmente como toda investigación cualitativa fue un constante “ir y venir”, desde la experiencia personal hacia la literatura, desde los antecedentes hacia el diseño de instrumentos, desde la recogida de información hacia la concreción del problema etc. Pero se puede decir que este proceso permitió recorrer y concretar los propósitos de la investigación y finalmente, tomar algunas decisiones sobre los diferentes elementos que dan cuenta y explican los modos de interactuar entre profesores (*regulación y andamiaje*) y estudiantes (*devolución y movimientos topogenéticos*) ante ciertas actividades planeadas en el aula de clase, y con ello, la interacción profesor-estudiante que describen, regulan y justifican la construcción de saberes.

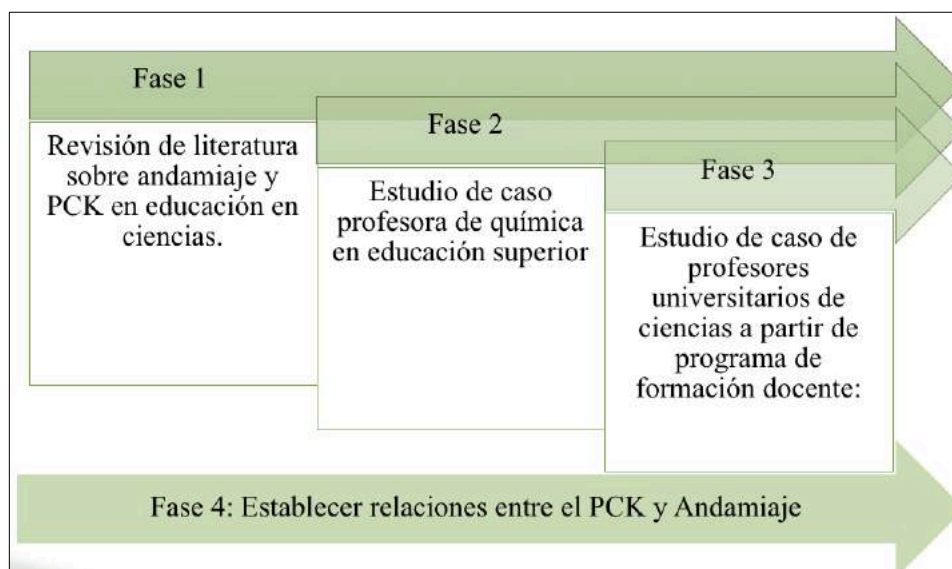


Figura 8. Esquema general de fases de investigación. Fuente: elaboración propia.

Tabla 7.

Orientación metodológica mostrada en la figura 8 respecto a la fase 1

Fase 1	Revisión de literatura
Pregunta	¿Qué aportes actuales hay en la conceptualización sobre el andamiaje en educación en ciencias?
Objetivo	Interpretar la conceptualización del andamiaje en investigación sobre educación en ciencias a partir de los paradigmas teóricos actuales.
Metodología	Método de análisis documental propuesto por van de Pol et al. (2010).
Producto	Artículo de investigación. (Sometido)

Tabla 8.

Orientación metodológica mostrada en la figura 8 respecto a la fase 2.

Fase 2	Estudio de caso
Pregunta	¿Cuáles son los patrones de enseñanza contingente del profesor de ciencias de educación superior en un contexto de clase donde prevalece la interacción profesor-estudiante?
Objetivo	Identificar los patrones de enseñanza contingente del profesor de ciencias de educación superior en un contexto de clase donde prevalece la interacción profesor-estudiante.
Marco teórico de interpretación	1. Modelo de enseñanza por contingencia (Ruiz-Primo y Furtak, 2007) 2. Marco de análisis para intenciones y medios del andamiaje (van de Pol et al, 2011).
Metodología	Clínica didáctica (Rickenmman, 2007)
Producto	Patrones de Enseñanza Contingente en la Interacción Profesor-Estudiante en una clase de Química de Educación Superior. <i>Enseñanza de las ciencias, Núm. Extra (2017), 2839-2844</i> Memorias del X Congreso Internacional de Investigación en Didáctica de las Ciencias.

Tabla 9.

Orientación metodológica mostrada en la figura 8 respecto a la fase 3.

Fase 2	Desarrollo de programa de formación docente
Pregunta	¿Cuál es el efecto del programa de formación docente basado en la conceptualización del andamiaje sobre la transformación de las prácticas de los profesores de ciencias en educación superior?
Objetivo	Analizar los efectos de un programa de formación docente basado en la conceptualización del andamiaje sobre las prácticas de los profesores de ciencias en educación superior.
Marco teórico de interpretación	1. Modelo de enseñanza por contingencia (Ruiz-Primo & Furtak, 2007) 2. Marco de análisis para intenciones y medios del andamiaje (van de Pol et al, 2011).
Metodología	Clínica didáctica (Rickenmman, 2007)
Producto	Capítulo de libro culminado. (Editorial Universidad de Antioquia)

Tabla 10.

Orientación metodológica mostrada en la figura 8 respecto a la fase 4.

Fase 4	Relaciones teóricas entre PCK y andamiaje.
Pregunta	¿Qué relaciones teóricas se pueden establecer entre PCK y andamiaje con el fin de potenciar la conceptualización actual del PCK?
Objetivo	Potenciar la conceptualización actual del PCK, a partir de la comprensión en la integración de sus componentes y los vínculos establecidos entre los elementos del andamiaje en profesores de ciencias de educación superior.
Marco teórico de interpretación	1. Componentes modelo pentagonal PCK (Park & Oliver, 2008b) 2. Elementos clave del andamiaje: contingencia, desvanecimiento y transferencia de responsabilidad. 3. Integración del gesto didáctico de la topogénesis.
Metodología	Triangulación de datos (entrevistas, filmaciones de clase, entrevista de autoconfrontación, instrumento ReCo), triangulación del investigador y triangulación de metodología (Park & Chen, 2012; Aydin & Boz, 2013) Garantizar la confiabilidad (Patton, 2002).
Producto	Artículo de investigación.

4.3 Participantes y contexto

En la presente investigación se estudiaron las prácticas docentes de cuatro profesores con experiencia docente y académica del área de Química, Biología y Matemáticas, de una Universidad de la región andina del país. La Universidad es una entidad pública de educación superior, a la cual acceden mayoritariamente jóvenes de estratos socioeconómicos uno, dos y tres.

Los profesores se seleccionaron de un grupo inicial de 16 profesores de la misma universidad, donde se llevó a cabo un programa de desarrollo docente, cuyo propósito era

configurar prácticas pedagógicas de los profesores a partir de la conceptualización del andamiaje. Los criterios de selección se debieron a la forma como los profesores planeaban y orientaban sus clases, primando en ellas interacciones con los estudiantes, enseñando contingentemente, buscando autonomía y control sobre su aprendizaje. Luego de ser seleccionados los profesores se explicó a cada uno de ellos las pretensiones de la investigación, desde el punto de vista teórico como metodológico.

Las principales características de los profesores participantes de la presente investigación se relacionan en las Tablas 11 y 12.

Tabla 11.

Características de los participantes de la investigación

	Fase 2: Estudio de caso	Fase 3 y 4: Programa de formación docente
Profesor/Participante	Una Profesora	Tres Profesores
Experiencia Docente (años)	20	10, 8 y 10, respectivamente
Filiación	Instituto de Química (Facultad Ciencias Exactas y Naturales)	Facultad de Ingeniería y Facultad de Educación
Grupo de estudio	Pregrado (Primer semestre)	Pregrado (Primer, tercer y séptimo semestre)
Asignatura	Química	Matemática, Química y Biología
Carrera	Química	Ingeniería y Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental
Número de clases / horas	5 / 10 h	4 a 5 / 8 a 10 h

Tabla 12.

Perfil de los profesores participantes.

Nombre ^a	Título profesional/Posgrado	Tópico de enseñanza
Angela	Licenciada en Matemáticas y Física/Magíster en Educación	Potenciación
Teresa	Química/Dra. En Ciencias Químicas	Estructura atómica
Sergio	Químico/Magíster en Ciencias Químicas/PhD(c) en Ciencias Aplicadas	Reacciones ácido-base
Fernando	Biólogo/Magíster en Educación	Variación génica

^a hacen referencia a pseudónimos para conservar el anonimato de los participantes

A continuación se presentan los instrumentos y métodos de recolección de información usados en esta investigación:

4.4 Métodos de recolección de información

Según Rickenmann (2012), la clínica didáctica consiste más en una postura y cuestionamiento metodológicos que en un único método de investigación específico. En este sentido, es un proyecto de producción epistemológica de un campo de saberes científicos: las didácticas de las disciplinas escolares. Este campo se ha basado históricamente en la puesta en práctica recurrente de una serie de métodos, cuyo número y variedad han ido ajustándose a las necesidades específicas de cada investigación y a los contextos particulares de su elaboración y desarrollo. Sin embargo, el núcleo estructurador de esta postura metodológica es la observación conceptualmente instrumentada de prácticas escolares reales.

Dentro de los métodos que se usaron en esta propuesta se incluye principalmente la videoscopía y sus métodos de transcripción escrita para hacer el análisis de las actividades didácticas propuestas en el aula, y con ello la sinopsis de cada una de las clases, las cuales contienen los segmentos relevantes para la investigación; así mismo, se realizaron entrevistas a los profesores participantes de esta investigación, así como la entrevista de autoconfrontación y el instrumento de Representación del Contenido (ReCo). Estos observables clínicos y los métodos para su obtención son definidos a continuación.

4.4.1 Observación de clase

A partir de los métodos propuestos por la clínica didáctica, el método central en este estudio para la recopilación de la información fue la videoscopía, la cual nos permitió observar los eventos de enseñanza de nuestro interés como son las interacciones que se dan entre el profesor y los estudiantes en el transcurso de la clase. Para ello se usó una cámara de video y una grabadora de audio. La cámara de video quedó en manos del investigador, quién pudo así seguir de cerca el desarrollo dinámico de los acontecimientos filmados. La grabadora, se ubicó en el bolsillo del delantal del profesor respectivo, con el fin de lograr un registro detallado de su discurso.

Todas las transcripciones se realizaron teniendo en cuenta los videos registrados en la cámara de video y con apoyo del material obtenido en la grabadora de audio.

4.4.2 Dispositivo técnico: videoscopía y audioscopía

El método central en este estudio para la recopilación de la información fue la videoscopía, la cual nos permitió observar los eventos de enseñanza de nuestro interés como son las posturas del profesor y los estudiantes y las interacciones que se dan entre estos, al interior de la clase. Para ello se usaron dos cámaras de video y cinco grabadoras pequeñas de audio. Una de las cámaras-denominada cámara testigo (CT)- se situó sobre un trípode cubriendo el mayor espacio posible del aula. La segunda cámara –denominada generalmente cámara móvil (CM)- quedó en manos del investigador, quién pudo así seguir de cerca el desarrollo dinámico de los acontecimientos filmados. Una de las grabadoras, se ubicó en el bolsillo del delantal del profesor, con el fin de lograr un registro detallado de su discurso. Cuando en el aula los estudiantes realizaban actividades en grupos de trabajo, se le asignaba grabadora a varios grupos (tres o cuatro), y se desplazaba una de las cámaras a aquellos grupos en donde se encontraba el docente interactuando.

Cabe comentar aquí que las transcripciones se realizaron teniendo en cuenta el video de la cámara móvil, haciéndose uso el video de la CT para controlar ciertos datos que no estaban en la CM. Las transcripciones del material de las grabadoras, se hicieron en algunos casos particulares, por ejemplo, en un trabajo de estudiantes en ausencia de los profesores o en algunos momentos en donde no se entendía parte de los diálogos en el video.

Es importante tener en cuenta de acuerdo a Rickenmann (2012), el no olvidar que la videoscopía no consiste en captar positivamente la totalidad de una realidad, y recordar en permanencia que el acto mismo de filmar hace parte ya del proceso interpretativo típico de la investigación cualitativa. Filmar la vida del aula es recoger y estructurar informaciones desde un determinado punto de vista. Por ello, es preciso mantener la articulación metodológica entre el modelo interpretativo de referencia y las preguntas de investigación que guiarán la mirada hacia los sectores y momentos de la actividad didáctica en los que se espera que se presenten los tipos de fenómeno a observar.

4.4.3 Sinopsis

La sinopsis permite una reducción de la información, porque se centra en los principales episodios de cada clase. En la presente investigación la información se analizó inicialmente por medio de tablas, en la primera tabla que aparece al inicio de cada sesión, se consignan las principales actividades de la clase con los siguientes datos: fases de cada sesión,

duración, un texto de síntesis de lo que acontece principalmente en cada fase y los episodios que hacen parte de ese espacio de clase, lo cual aparece de forma explícita y completa como transcripción de los episodios seleccionados para el análisis de los casos en el anexo 4. En la tabla 13 se presenta un ejemplo representativo, el cual parte de la información presentada en la figura 6 (pag. 89) y la tabla 5 (pag. 90) como elementos de la enseñanza contingente.

Tabla 13.

Ejemplo de sinopsis de un episodio de clase filmado

Transcripción episodio	Interpretación	Evidencia de relaciones PCK	Evidencia de elementos de Andamiaje
<p>Episodio 1. Tiempo: 13” – 48”</p> <p>P: ¿Quién me dice cómo hallamos la razón? E: Con la fórmula profe P: y, ¿cuál es la fórmula? A ver que no es tan difícil la fórmula E: a/b P: Más que la fórmula, ¿qué me está diciendo? ¿Qué me está tratando de decir esa fórmula? ¿Que haga qué? E: Una división... P: ¿La división de qué? E: de dos términos... P: Háblalo en un lenguaje más coloquial que todos lo entendamos P: de dos términos que, ¿qué características tienen? E: consecutivos P: que son consecutivos</p>	<p>En este episodio se observa que la profesora usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la <i>enseñanza contingente</i> como el cuestionamiento a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante.</p> <p>En alguna medida se observa cómo la profesora busca transferir la responsabilidad e identificar la autonomía del estudiante.</p>	<p>CC^a → CEE^b (tiene en cuenta el contenido con el fin de tener posibilidad la estrategia de enseñanza) CEV^c → CCE^d (hace diagnosis constantemente en forma de pregunta. Lo que se puede considerar una evaluación a priori) CEE → CCE (una de las estrategias de enseñanza se basa en la pregunta)</p>	<p>-Contingencia Se puede concluir que en este episodio el peso lo adquiere la enseñanza contingente ejecutada por la profesora. Es decir, el elemento de contingencia</p>

^aCC: Conocimiento del currículo; ^bCEE: Conocimiento de la evaluación de los estudiantes; ^cCEV: conocimiento de la evaluación; ^dCCE: Conocimiento de la comprensión de los estudiantes.

4.4.4 Entrevista de autoconfrontación

En investigación y estudio del trabajo docente, es posible mencionar el método de autoconfrontación (Amigues, Faight & Saujat, 2004). Este dispositivo consiste en someter la videoscopía al análisis conjunto del investigador con el profesor filmado (autoconfrontación) o de éste y de un colega con la misma experiencia (autoconfrontación cruzada), con la finalidad de objetivar, en los discursos descriptivo-explicativos que ambos

proponen, elementos implícitos tanto de la planificación como del manejo de la actividad en el aula. Las autoconfrontaciones se fundamentan en invitar a los actores de la investigación (docente, estudiantes, si es el caso) a hacer una lectura comentada, y dialogada, a partir de estas videoscopías y/o de los materiales (trazas escritas, fotografías, apuntes) recogidos por el investigador a lo largo de su observación.

El uso de las autoconfrontaciones adquiere matices particulares en el marco de la clínica didáctica por cuanto la lectura-interpretación está supeditada a las matrices interpretativas de los modelos y conceptos de funcionamiento del sistema didáctico. En este sentido, las videoscopías no se consideran ni utilizan como un material neutro. Por el contrario, dadas las pautas temporales generalmente largas del material colectado, las videoconfrontaciones se hacen a partir de un material editado, fuertemente marcado por la lectura del observador (Rickenmann & Córdoba, 2009).

La colección de episodios de las clases de los profesores fueron seleccionados a criterio del investigador, tomando en consideración momentos de las clases que tuvieran relación con las categorías y con asuntos que requirieran confrontación. Fue necesario utilizar la estrategia de observación conjunta de los videos con su respectiva transcripción, ya que era importante conversar sobre algunas situaciones que se vivieron en las clases, de tal manera que los profesores pudieran ampliar y explicar ciertas decisiones que surgieron en las mismas. Prácticamente en todas las sesiones de clase analizadas se seleccionaron momentos para la autoconfrontación, de los cuales se va dando cuenta a medida que aparecen los mismos en los análisis y discusión de los resultados.

4.4.5 La entrevista

Se realizaron entrevistas semiestructuradas por ser una técnica flexible y abierta que permite además de la guía de preguntas que el entrevistador quiere realizar, adicionar otras preguntas para precisar conceptos y obtener mayor información (Hernández-Sampieri, R. Fernández-Collado & Baptista, 2006).

El número de entrevistas efectuadas a los profesores participantes fueron dos: antes del desarrollo de la unidad temática, y una de autoconfrontación. El objetivo principal de estas entrevistas fue conseguir información contextual suplementaria para completar los análisis de las grabaciones de video, y obtener información acerca de las creencias y

propósitos de los profesores respecto al proceso de enseñanza aprendizaje, que pudiese ayudarnos a entender lo que sucedió a medida que se avanzó en la actividad. Además, en las entrevistas se recogió información sobre la planificación, los objetivos, los contenidos, metodología de trabajo y evaluación para la asignatura. En el anexo 2 se encuentran las transcripciones de las entrevistas realizadas a los participantes.

4.4.6 Cuestionario de Representación del Contenido (ReCo)

En primer lugar, el ReCo corresponde a un cuestionario constituido por 11 preguntas utilizado por Padilla (2014) a partir de Loughran, Mulhall y Berry (2004). Cada pregunta fue asociada a los componentes del PCK reconocidos en este estudio. Para construir el mapa del PCK, se establece una relación entre la demanda implícita de las preguntas del ReCo y los componentes del PCK según el modelo pentagonal de Park y Oliver (2008b); el modelo se organiza y visualiza como un pentágono que muestra la relación con y entre los distintos componentes del PCK y se hace una modificación a partir de los planteamientos de Grossman (1990) al colocar explícitamente el componente relacionado con el conocimiento del contexto; así mismo, se tiene en cuenta el llamado del PCK Summit (2012) quienes plantean la relevancia de considerar este último componente. El ReCo fue aplicado antes de las filmaciones de clase, cada uno de los cuestionarios fue enviado y recibido por correo electrónico y el profesor participante dispuso de 30 días para responderlo.

A partir del sesgo que puede proporcionar el cuestionario ReCo, la información se triangula con los demás instrumentos de recolección de información, otorgando con esto fortalecer la caracterización del PCK y así, precisar el vínculo del Andamiaje del profesor partícipe de la investigación.

4.4.7 Transcripción

Con la sinopsis se identificaron aquellos episodios relevantes del estudio, los cuales son transcritos de forma más detallada permitiendo visualizar los elementos que corren en el video y dando forma a los fenómenos analizados. Es así como, después del cuadro de sinopsis, se procede a realizar por medio de la transcripción los análisis más específicamente, centrando la atención en la gestión docente de la dupla devolución-

regulación y del proceso de andamiaje, como eje central para la estructuración de las escenas del texto de la actividad.

En este punto es importante mencionar que con el fin de disminuir el volumen del cuerpo de la tesis, las transcripciones de los episodios de clase analizadas son enviadas al anexo 4. Se dejan completas la primera sesión de clase y la tercera, para mostrar enteramente cómo se realizaron los análisis e ilustrar el trabajo realizado.

4.5 Sistematización de información y análisis

En la fase de análisis se realizó una selección inicial que permitió organizar la información, reducir el volumen y encontrar regularidades y patrones (Taylor & Bogdan, 1996). Para hacer la codificación e iniciar el establecimiento de relaciones entre la información, la teoría y las propias comprensiones como investigador, se usaron algunas herramientas del análisis del contenido.

En un segundo momento se revisó, observó y analizó de nuevo la información junto con las categorías iniciales (patrones de enseñanza contingente, elementos clave del andamiaje y componentes del PCK), para finalmente contrastar los diálogos de los profesores y estudiantes con las teorías en las cuales está enmarcada la investigación. El proceso de análisis no se realizó de manera lineal, pues implicó regresar a la información repetidas veces. Fue un proceso con un rumbo claro, pero no en línea recta. Siempre se tuvo presente trabajar con la Enseñanza Contingente, el Andamiaje, el PCK, TSD y la TADC, las cuales aportaron las bases fundamentales del marco conceptual.

La sistematización de la información para su posterior análisis, consistió en la digitalización de las tablas con las sinopsis y la posterior transcripción de los episodios relevantes del discurso producido en las sesiones de clase seleccionadas, así mismo la transcripción de las entrevistas estructuradas y de autoconfrontación realizadas a los profesores, así como las respuestas al instrumento ReCo, para establecer el mapa del PCK y las interrelaciones entre los distintos componentes del PCK, así como el correspondiente vínculo con los elementos del andamiaje. En los anexos 2, 3 y 5 se relacionan estos instrumentos y sus respectivas transcripciones.

Es importante resaltar que desde que fue presentada la propuesta de investigación (2017-I) y durante su desarrollo (2017-2018), los avances fueron compartidos y discutidos

con los miembros del grupo de investigación GECM (Grupo de Enseñanza de la Ciencias Experimentales y Matemáticas) de la Universidad de Antioquia, y presentados a la comunidad académica y científica en diferentes eventos regionales, nacionales e internacionales (anexo 7)

4.6 Consideraciones éticas

Durante el desarrollo de esta investigación se garantizaron los principios morales que guían el trabajo ético, por tratarse de una investigación que involucra seres humanos. En la investigación educativa se tienen en cuenta cinco principios morales: el respeto por las personas y su autonomía, beneficio y no daño, justicia, confianza y fidelidad e integridad científica. La investigación respeta a los participantes como personas valiosas que tienen el derecho autónomo de decisión sobre su inclusión o no en la investigación. En cuanto al principio del beneficio, el investigador debió planear y operar la investigación maximizando los beneficios para los participantes y minimizar el posible riesgo, sobre todo asegurarse que no toma las decisiones pensando en su beneficio sino en el de los participantes. Cada profesor fue libre de participar o no en la investigación y pudo cambiar de parecer en el momento que así lo consideró sin que esto representara perjuicio de ningún tipo. Nos comprometimos a guardar privacidad con los registros que pudieran identificar al participante. Por lo tanto, la información de los profesores se trató de manera anónima. Cabe aclarar que los profesores tuvieron acceso a la información de la investigación cada vez que lo solicitaron.

En esta dirección se presentan, en el anexo 1, los consentimientos informados de los profesores participantes en la investigación, a partir de los lineamientos de la Facultad de Educación, así como del Comité de Ética de Ciencias Sociales Humanas y Artes de la Universidad de Antioquia.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Patrones de Enseñanza Contingente en la Interacción Profesor-Estudiante en una Clase de Ciencias en educación superior*

5.1.1 El caso de la profesora Teresa^a

Resumen: ¿Hay lugar para el andamiaje en un curso de química en educación superior? Y si es así, ¿cómo es la enseñanza? Se usó la metodología de la Clínica Didáctica para observar la interacción profesora-estudiante durante la enseñanza de la teoría atómica y se adaptó un esquema de codificación para la identificación de los momentos de andamiaje, lo cual reveló enseñanza contingente coincidiendo con el modelo de van de Pol (2011). Se inicia con el diagnóstico que ella hace de la autonomía de los estudiantes como insumo para adaptar el apoyo a la comprensión que pretende alcanzar, a partir de los medios y las intenciones del andamiaje que la profesora promueve.

Pregunta de investigación

A partir del modelo de enseñanza por contingencia, se analizó la práctica docente de una profesora de química a lo largo de la enseñanza de la teoría atómica, así, nos centramos en las interacciones uno a uno entre la profesora y los estudiantes en una clase de química donde el tópico central es la teoría atómica teniendo como punto de partida la variedad de preguntas que el profesor plantea y la relevancia que cobran en el contexto de una clase en un nivel de educación superior. Se buscaba establecer ¿Qué patrones de enseñanza contingente se pueden distinguir en las interacciones profesora-estudiantes en términos de estrategias diagnósticas, revisión de diagnóstico y diversas estrategias de intervención?

Se esperaba que cuanto más interacciones contingentes hubiese por parte de la profesora, mayores fueran las variaciones en los enfoques de andamiaje, lo que significa que un mayor repertorio de enfoques de andamiaje permitirá al profesor adaptar el apoyo contingentemente a las necesidades del estudiante.

*Enseñanza de las ciencias, N.º Extraordinario (2017): 2839-2844

^aSe agradece a la Dra. Adriana Soto Zuluaga por permitir usar los datos recolectados en su tesis doctoral, para este análisis.

Metodología

Existen pocos análisis sistemáticos del uso del andamiaje en contextos de clase naturalísticos. Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación se centra en un análisis sistemático del proceso de andamiaje y se toma como caso un contexto de clase sobre teoría atómica en educación superior.

Es un estudio de caso de naturaleza cualitativa que usa la Clínica Didáctica (Rickenmann, 2007), a partir del análisis de videograbaciones de clases como el método principal de recolección de información, así como sus respectivas transcripciones.

La profesora tiene amplia experiencia en la enseñanza de la Química, participó voluntariamente en el estudio y se seleccionó de entre un grupo de 10 profesores de tres universidades de la región, por la forma como planea y orienta sus clases, primando en ellas la interacción con los estudiantes. La clase estaba constituida por 27 estudiantes del curso “Estructura y Enlace Químico” de segundo nivel (semestre) universitario del programa de Química.

En la lección observada, los fragmentos (uno a uno y un grupo pequeño, con contenido cognitivo, metacognitivo y afectivo), duraron alrededor de 60 minutos. Se seleccionaron aquellos relacionados con el contexto y el contenido, luego fueron transcritos y codificados.

Resultados

En las tablas 14 y 15 se observan ejemplos de evidencias de las estrategias de diagnóstico y de intervención que son necesarias para la enseñanza contingente y, por tanto, para el andamiaje.

Tabla 14.

Interacción contingente en clase de química

(1) Profesor (P): <i>Sofía</i> ¿Qué entiendes por átomo? [<u>Pregunta diagnóstica</u>] [Medio (M): <u>Cuestionamiento</u>]
(2) Estudiante (E): Átomo es como la unidad fundamental de la materia, es algo muy complejo porque posee unas características.
(3) P: ¿Qué más vas a decir? [<u>Pregunta de revisión de diagnóstico</u>] [(M): <u>Cuestionamiento</u>]
(4) E: Se caracteriza por tener un núcleo y unos orbitales atómicos, hay una interacción entre el núcleo y esos orbitales...entre los electrones con otros electrones...
(5) P: El agua ¿hidrógeno y oxígeno es lo fundamental del agua? <i>Fernanda</i> ¿Tú qué opinas de lo que ha dicho Sofía? [1. <u>Pregunta diagnóstica</u>] - [2. <u>Pregunta de estrategia de intervención</u>] [(M): <u>Cuestionamientos</u>]
(6) E: Pues yo he escuchado que hay una interacción entre el hidrógeno y el oxígeno. Y con respecto a si es la unidad fundamental de la materia, no sé es la... es la inducción de núcleo con la interacción que hay entre los electrones y el núcleo.

(7) P: <i>Pablo</i> ¿Qué entiendes por la molécula de sodio metálico? [<u>Pregunta diagnóstica</u>] [(M): <u>Cuestionamiento</u>]
(8) E: Varios átomos de sodio enlazados n veces.
(9) P: Y ¿En términos de interacción? ¿Cómo pensaría la molécula de sodio metálico si estás pensando en átomos de sodio que son interacciones entre el núcleo y electrones? [<u>Pregunta de revisión de diagnóstico</u>] [(M): <u>Cuestionamiento</u>]
(10) E: Un conjunto de átomos de sodio interaccionando entre sí.
(11) P: El átomo no es un conjunto. Ustedes usan la palabra conjunto pero el átomo en sí mismo no es un conjunto. [<u>Estrategia de intervención contingente</u>] [(M): <u>Retroalimentación</u>] [(M): <u>Instrucción</u>]
(12) E: Cuando quiero describir los elementos que hay en algo, lo llamo conjunto.
(13) P: Sí, pero los elementos matemáticos. Tú vas a organizar matemáticamente un grupo de objetos y lo llamas conjunto. Pero el átomo no es un grupo de objetos, eso no es el átomo. [<u>Estrategia de intervención contingente</u>] [(M): <u>Instrucción</u>] [(M): <u>Explicación</u>] [(M): <u>Instrucción</u>]
(14) P: Las interacciones, cuando formo una molécula polinuclear ¿son sólo entre electrones? <i>María</i> dijo ahora que no ¿cierto? ella dijo que los núcleos están interfiriendo. [1. <u>Pregunta de revisión de diagnóstico</u>] [(M): <u>Cuestionamiento</u>] [(M): <u>Retroalimentación</u>] [(M): <u>Instrucción</u>]
(15) E: Profesora no sé si será correcto esto, pero en uno de los textos encontré que el núcleo de uno de los átomos interacciona con el del otro núcleo.
(16) P: Entonces tenemos que están interaccionando átomos... ¿qué interaccionan? si tiene un núcleo interacciona núcleo y electrones. Los electrones entre sí también interaccionan y los núcleos entre sí también interaccionan. [<u>Estrategia de intervención contingente</u>] [(M): <u>Retroalimentación</u>] [(M): <u>Explicación</u>] [(M): <u>Instrucción</u>]

Tabla 15.

Descripción de intenciones de andamiaje a partir de los datos de tabla 14

Intención	Descripción	Ejemplo
Enfoque en la tarea (A)	Enfocar la tarea según las actividades actuales o futuras del estudiante.	(16) P: Entonces tenemos que están interaccionando átomos... ¿qué interaccionan? si tiene un núcleo interacciona núcleo y electrones. Los electrones entre sí también interaccionan y los núcleos entre sí también interaccionan.
Principios generales (B)	Ofrecer principios generales (por ejemplo, resúmenes o explicaciones de conceptos) para proporcionar una estructura en la que el estudiante coloque sus experiencias de aprendizaje.	(11) P: El átomo no es un conjunto. Ustedes usan la palabra conjunto pero el átomo en sí mismo no es un conjunto.
Materia (C)	Asumir parte de la tarea con respecto al tema que está siendo considerado por el estudiante.	(13) P: Tú vas a organizar matemáticamente un grupo de objetos y lo llamas conjunto. Pero el átomo no es un grupo de objetos, eso no es el átomo.
Reclutamiento (D)	Motivación e interés de los estudiantes en una tarea de aprendizaje.	(14) P: ¿Las interacciones cuando formo una molécula polinuclear son sólo entre electrones? <i>María</i> dijo ahora que no ¿cierto? ella dijo que los núcleos están interfiriendo.

Según la literatura ser contingente, es decir, utilizar la información sobre el conocimiento de los estudiantes, parece ser la principal dificultad para los profesores (Ruiz-Primo y Furtak, 2007). En la Tabla 14 se observa cómo la profesora trató de explorar conceptos claves de la teoría atómica que ya se habían discutido con anterioridad, la utilizó primero en apoyo, es decir, en preguntas de comprobación del diagnóstico y posteriormente en estrategias de intervención como se propone en el modelo (ver figura 6). Por lo tanto, este fragmento de interacción se consideró contingente.

La profesora coloca un andamio (pregunta diagnóstica) a un estudiante que luego debe ser desvanecido (los medios del andamiaje como la instrucción, la explicación y la retroalimentación se retiran sucesivamente para que el estudiante logre reflexionar y responder a las preguntas correctamente) y la responsabilidad de la tarea debe ser transferida al estudiante (pregunta de revisión de diagnóstico). Por lo tanto, la contingencia es vista como un requisito previo para el andamiaje y es la característica clave del andamio.

Debido a la dinámica planteada por la profesora para esta sesión en particular, es claro que la clase se desarrolla a la luz de los pilares del modelo conceptual actual del andamiaje, centrado en los medios e intenciones. En este orden de ideas, la profesora posibilita la interacción profesor-estudiante y estudiante-estudiante, siendo en esta última instancia un instrumento mediador entre sujeto y objeto, logrando con esto el fortalecimiento de las preguntas diagnósticas, la revisión del diagnóstico y las estrategias de intervención.

Los hallazgos indican que a partir del modelo de enseñanza contingente la profesora promueve y potencia principalmente el cuestionamiento, la retroalimentación, la instrucción y la explicación, como sus principales medios de andamiaje; los cuales convergen con las intenciones, como se observa en la Tabla 15, centradas en las actividades cognitivas del estudiante ya que se favorecen los andamios en la materia y en los principios generales que se están discutiendo en clase.

El apoyo a las actividades metacognitivas se observa cuando la profesora invita a los estudiantes a reflexionar lo que saben sobre átomo, molécula e interacción electrónica.

Conclusiones

El patrón de enseñanza contingente de la profesora se debe en gran parte a que favorece un mayor repertorio de enfoques de andamiaje permitiéndole adaptar el apoyo a las necesidades del estudiante, a partir de los medios y las intenciones del andamiaje las cuales están centradas en las preguntas que ella diseña.

De acuerdo a los datos recolectados la construcción de significados se lleva a cabo principalmente por la acción mediadora de la profesora, debido a la dinámica propuesta en la sesión que se basa principalmente en la interacción profesora-estudiante, a partir de una pregunta, potenciando las intenciones y medios como elementos de codificación para la identificación de los momentos de andamiaje.

5.1.2 Los casos de la profesora Angela y el profesor Sergio^a

Resumen

Las causas de la deserción estudiantil universitaria son múltiples: A las relacionadas con la falta de orientación profesional y a las dificultades económicas por las que atraviesan las familias de los estudiantes, se le suman las propias del trabajo académico característico de los primeros semestres universitarios.

En el caso de la formación de los ingenieros y de los profesores de ciencias naturales en la Universidad de Antioquia, los primeros semestres de estas carreras dedican gran parte del tiempo a la fundamentación de los estudiantes en contenidos científicos y matemáticos, pero un número significativo de estudiantes no logran alcanzar las expectativas planteadas por los profesores lo que se traduce en mortalidad académica y en muchos casos salida de la universidad por bajo rendimiento.

Al respecto nos preguntamos: ¿Cómo deben ser las prácticas docentes para favorecer la permanencia de los estudiantes de primeros semestres?. El concepto clave es el andamiaje, entendido como el proceso mediante el cual, el profesor apoya al estudiante

^a Proyecto de investigación CODI permanencia con equidad de la Vicerrectoría de Investigación 2017.

hasta que alcanza autonomía frente a los aprendizajes. A medida que el estudiante aumenta su control sobre su aprendizaje, el profesor reduce el andamiaje.

En esta dirección, orientamos un dispositivo de formación docente fundamentado en la construcción de andamiajes. Entrevistamos a los profesores, les aplicamos un instrumento para aproximarnos a sus concepciones sobre la enseñanza, aprendizaje y evaluación, les pedimos planear un tema del curso usando andamiajes y grabamos las clases, teniendo en cuenta el consentimiento informado respectivo.

En esta oportunidad presentamos los casos de dos profesores. Para sus cursos de primer y tercer semestre, respectivamente, eligieron temas de matemáticas, aunque Angela es profesora de Álgebra en la Facultad de Ingeniería y Sergio es profesor de Química en la Facultad de Educación. Lo que nos muestran sus casos es que son profesores muy apreciados por sus estudiantes, porque en sus clases utilizan andamiajes de varios tipos y están convencidos de que hacen su mejor esfuerzo en la docencia. Pero se esperaba que el dispositivo formativo promoviera transformaciones en sus prácticas para transferir a sus estudiantes la responsabilidad de aprender. Concluimos entonces que los profesores universitarios requieren formación, pero hay ciertos factores que deben tenerse en cuenta para que comprendan la importancia de fortalecer la autonomía de sus estudiantes como elemento que favorece su permanencia.

Introducción

Más allá de la transmisión de contenidos o la preparación de los estudiantes para el desempeño de una disciplina u oficio con idoneidad, los profesores universitarios tienen el desafío pedagógico de formar a sus estudiantes para el ejercicio de la autonomía, lo que implica, por parte del estudiante, asumir la responsabilidad sobre su propia formación. Este desafío no sólo es clave en el éxito profesional sino que a su vez confiere identidad al docente, en la medida en que transforma las metas de enseñanza (enseñar contenidos, procedimientos, actitudes, entre otros) en medios educativos para la formación en el ejercicio de una profesión en la que sus egresados sean capaces de enfrentar la solución de problemas con mente crítica, con compromiso social, con ética, aportando valor a la sociedad.

Además, el ejercicio profesoral universitario se ve desafiado por el reconocimiento de condiciones de ingreso de los estudiantes que pueden afectar su permanencia, la deserción y la promoción académica. En síntesis, se requiere de una nueva forma de conceptualizar la docencia universitaria y la preparación profesional para asumirla.

Para ello, se diseñó un dispositivo de formación que evolucionó para convocar a profesores de la Facultad de Educación que ofrecen cursos de biología, física, química, educación ambiental, práctica pedagógica y matemáticas, interesados en modificar sus prácticas docentes en beneficio de los aprendizajes de sus estudiantes.

Si bien para los objetivos y alcances de esta investigación no se planteó medir el impacto de la formación de los profesores en términos del éxito académico de los estudiantes, los antecedentes señalan que la formación de los profesores es uno de los factores que influyen en la permanencia y graduación de los estudiantes, en consecuencia, se asume que las transformaciones en las prácticas docentes redundan eventualmente en la permanencia de los estudiantes. Pero, ¿Cómo son esas prácticas? Esta pregunta nos llevó a proponernos los siguientes objetivos:

Promover la reflexión de los profesores sobre sus concepciones de enseñanza, aprendizaje y evaluación en el marco de las metas de formación de sus estudiantes. A partir de allí, diseñar estrategias de enseñanza de ciertos contenidos de las matemáticas y de las ciencias, que tomen en consideración las necesidades de formación para la autonomía de los estudiantes.

Necesitábamos entonces un proceso de formación que articulara estos objetivos con la planeación de las clases, las reflexiones en voz alta de los profesores y la observación de la práctica docente. En otras palabras, un dispositivo de formación. Pero su diseño exigía una fundamentación teórica que diera sentido a nuestra intervención. Por eso acudimos al concepto de andamiaje (Wood, et al, 1976) y a los aportes más recientes en el campo educativo (van de Pol et al, 2010; Lin et al, 2011).

En contextos tradicionales de docencia, donde el profesor da lecciones para transmitir el conocimiento, es raro que haya enseñanza por contingencia (Ruiz Primo &

Furtak, 2007; van de Pol, et al., 2010). En la educación superior se asume que el profesor es un experto en la materia que enseña, de manera que una buena explicación basada en la lógica de la disciplina (científica, matemática, etc) tendría que ser suficiente para que los estudiantes aprendan. La condición es que estén atentos, concentrados, pongan atención y hagan en sus cabezas las relaciones entre fragmentos de conocimientos enseñados previamente. En una situación como esta, el profesor no tiene tiempo de posibilitar interacciones con y entre los estudiantes porque hay muchos contenidos a cubrir durante el semestre, pero tampoco le compete hacerlo porque supone que el estudiante es responsable de aprender. El día que tenga lugar la evaluación, ésta consiste en la aplicación de algún instrumento que permita determinar qué tanto conocimiento ha logrado retener el estudiante y si es capaz de explicitar las relaciones esperadas (así éstas no hayan sido tema de trabajo durante las clases).

Nótese cómo las concepciones de enseñanza, aprendizaje y evaluación se entrelazan para dar forma a la docencia. En este contexto que es típico de la docencia universitaria, se planteó la necesidad de crear un dispositivo de formación para los profesores que les permitiera reflexionar sobre sus concepciones e incorporar el andamiaje y sus intenciones, como insumos para la transformación de sus prácticas de enseñanza hacia situaciones en las que se privilegie la interacción entre estudiantes y con el profesor en torno a contextos que son propios de las condiciones sociales e históricas del ejercicio de su profesión.

Metodología

Se hizo una invitación a profesores que enseñan matemáticas y ciencias en las Facultades de Ciencias Exactas y Naturales, Ingeniería y Educación. De aquí salió una muestra inicial de 16 profesores interesados en el dispositivo de formación. Este dispositivo tuvo una fase presencial de 8 horas de duración, en la cual se ofreció a los profesores una visión Vigotskyana sobre de la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación, desde la realidad de la práctica docente en las aulas de ciencias.

Luego se aplicó un instrumento para explorar sus concepciones sobre enseñanza, aprendizaje y evaluación, el cuál fue elaborado teniendo en cuenta la perspectiva histórico-cultural a partir de diferentes instrumentos estandarizados y fue puesto a evaluación de

expertos y pares, con el fin de validarlo. Estos resultados serían referente para observar la transformación de sus prácticas. Es relevante mencionar que este instrumento fue diseñado por el autor de esta tesis con asesoramiento de expertos y a la luz de la perspectiva histórico cultural que orienta el concepto de andamiaje (anexo 6).



Imagen 1. Actividades durante la fase presencial del dispositivo formativo

En una entrevista inicial para configurar los elementos autobiográficos que pueden incidir eventualmente en su práctica, se les pidió elegir una temática del curso de aproximadamente 10 horas de duración para planearla de acuerdo con los fundamentos sobre andamiaje. Esta planeación hizo parte de la fase de acompañamiento a cada profesor, prevista en el dispositivo de formación.

Finalmente, se filmaron las clases, prácticas de laboratorio y/o asesorías a los estudiantes. De la muestra inicial de 16 profesores, sólo se seleccionaron dos, en tanto se ofrecieron voluntariamente a participar en la investigación y al observar sus videos, fueron los que hicieron más énfasis en los elementos del andamiaje que se propusieron en el dispositivo de formación. A continuación presentaremos los casos analizados.

5.1.2.1 El caso de la profesora Angela

Angela es una profesora que se destaca por su compromiso, disciplina y dedicación. Su formación académica se ha centrado en fortalecer sus habilidades como profesora de física y matemáticas, específicamente en ésta última área de conocimiento. Su experiencia es de 15 años y a nivel de posgrado ha fortalecido su perfil profesional con una maestría en educación con énfasis en Ciencias Experimentales y Matemáticas, la cual le ha abierto las puertas en diferentes instituciones educativas de secundaria, media y superior. Esto último ha posibilitado que la profesora actualmente, se desempeñe como coordinadora académica

de una institución educativa pública y a su vez sea docente en la Facultad de Ingeniería orientando diversos cursos de Matemáticas.

Específicamente, en el contexto universitario, la profesora Angela, preocupada por su rol como docente, ha tratado de acercarse a los estudiantes con el fin de fortalecer algunas falencias de orden conceptual y motivacional, que ha encontrado desde lo que su experiencia le ha mostrado.

Concepciones en torno a enseñanza, aprendizaje y evaluación

En el modelo conceptual sobre el andamiaje de van de Pol y colaboradores (2010), estas concepciones se pueden vincular con los elementos del andamiaje (contingencia, desvanecimiento y transferencia de responsabilidad). En el instrumento que aplicamos para explorarlas (anexo 6), usamos ítems que nos permitían observar en sus respuestas (a elegir en una escala que iba desde Totalmente en desacuerdo hasta Totalmente de acuerdo), si las reflexiones del profesor sobre su práctica le permitían abordar enfoques orientados a promover la autonomía del estudiante. Para analizar las concepciones de los profesores, organizamos las respuestas elegidas según las categorías registradas en la Tabla 16 a partir del instrumento aplicado que se puede ver en el anexo 6:

Tabla 16.

Categorías de concepciones sobre enseñanza, aprendizaje y evaluación en términos de los elementos del andamiaje.

Contingencia	Desvanecimiento	Transferencia de responsabilidad
Enseñanza	Enseñanza	Enseñanza
Aprendizaje	Aprendizaje	Aprendizaje
Evaluación	-----	Evaluación

Teniendo en cuenta lo anterior, la figura 9, muestra la configuración de respuestas de la profesora Angela. En términos generales se observa que las concepciones de la profesora están de acuerdo con las condiciones del andamiaje, en lo que se relaciona específicamente con la contingencia y la transferencia de responsabilidad, pero no tanto para la relación que se puede establecer entre aprendizaje–desvanecimiento. Al analizar la

entrevista y las prácticas de la profesora, se revelan regularidades en lo que concierne a sus concepciones.

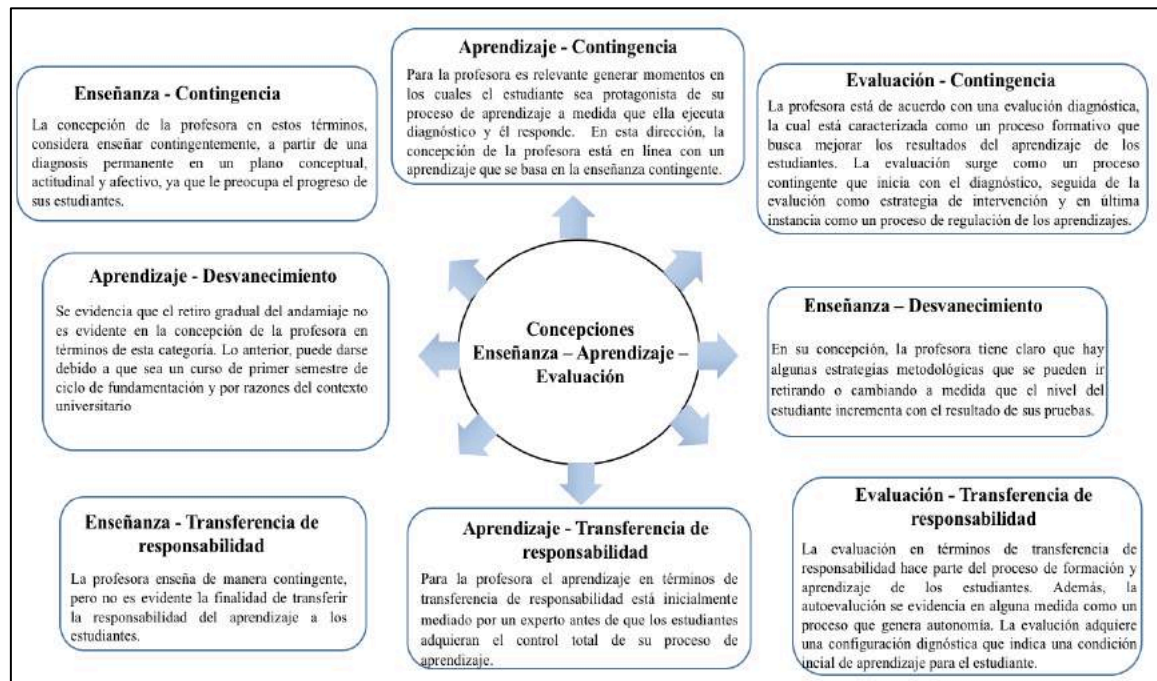


Figura 9. Concepciones sobre enseñanza, aprendizaje y evaluación del caso Angela

Lo anterior implica que la profesora posee en su concepción una manera de enseñar que se vincula con la postura de los elementos del andamiaje, aunque, el desvanecimiento no es notorio en su reflexión sobre el actuar en clase. Veamos: De la contingencia (que inicialmente requiere etapas de diagnóstico y evaluación), pasa directamente a la fase de transferencia de responsabilidad hacia el estudiante, donde en primera instancia ella como experta, está para mediar el acto de aprender.

En suma, es posible pensar que para que exista el puente entre contingencia y transferencia de responsabilidad, el dispositivo de formación debe ser más explícito en cómo generar momentos en los cuales el profesor pueda aportar evidencias claras de retiro gradual del andamiaje desde el programa de su curso, así como en la planificación del tópico seleccionado.

Entrevista

La entrevista se analiza con el lente del modelo de Ruiz-Primo y Furtak (2007), que considera entre otros elementos las estrategias de diagnóstico que adopta el profesor en clase, la comprobación del mismo y sus estrategias de intervención a la luz de las respuestas del estudiante (figura 10).

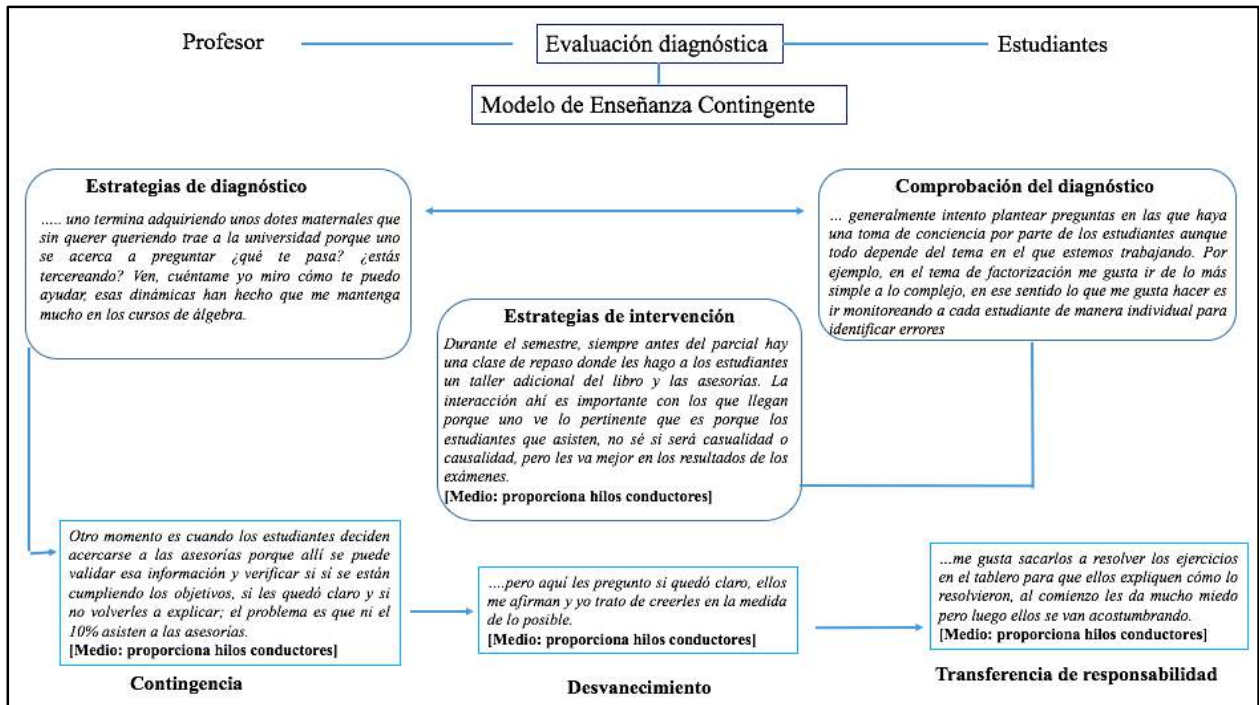


Figura 10. Configuración de respuestas de Angela durante la entrevista, siguiendo el modelo de Ruiz-Primo y Furtak (2007)

Según los elementos presentados en la figura 10, es posible plantear que la profesora considera como criterios clave de su acción docente la evaluación diagnóstica, su comprobación, así como su intervención, proporcionando hilos conductores con el fin de generar relaciones conceptuales y estrategias metacognitivas en sus clases cuando se regulan los aprendizajes por parte de sus estudiantes. Teniendo en cuenta los elementos clave del andamiaje: contingencia, desvanecimiento y transferencia de responsabilidad, se interpreta que para la profesora éstos hacen parte de su práctica, aunque está presente en mayor medida la contingencia, seguido de la transferencia de responsabilidad, siendo el desvanecimiento el de menor aparición en su reflexión.

Situación de aula

Los dos episodios que se presentan a continuación tipifican la práctica docente de esta profesora que se preocupa por hacer contingencia con intenciones distintas (cognitiva en el episodio 1 y afectiva - metacognitiva en el episodio 2). Sin embargo, se observan pocas evidencias de desvanecimiento y transferencia de responsabilidad.

En primer lugar, la figura 11 muestra el episodio cognitivo de una clase de álgebra para 35 estudiantes de primer semestre de ingeniería, donde el tema central es potenciación.

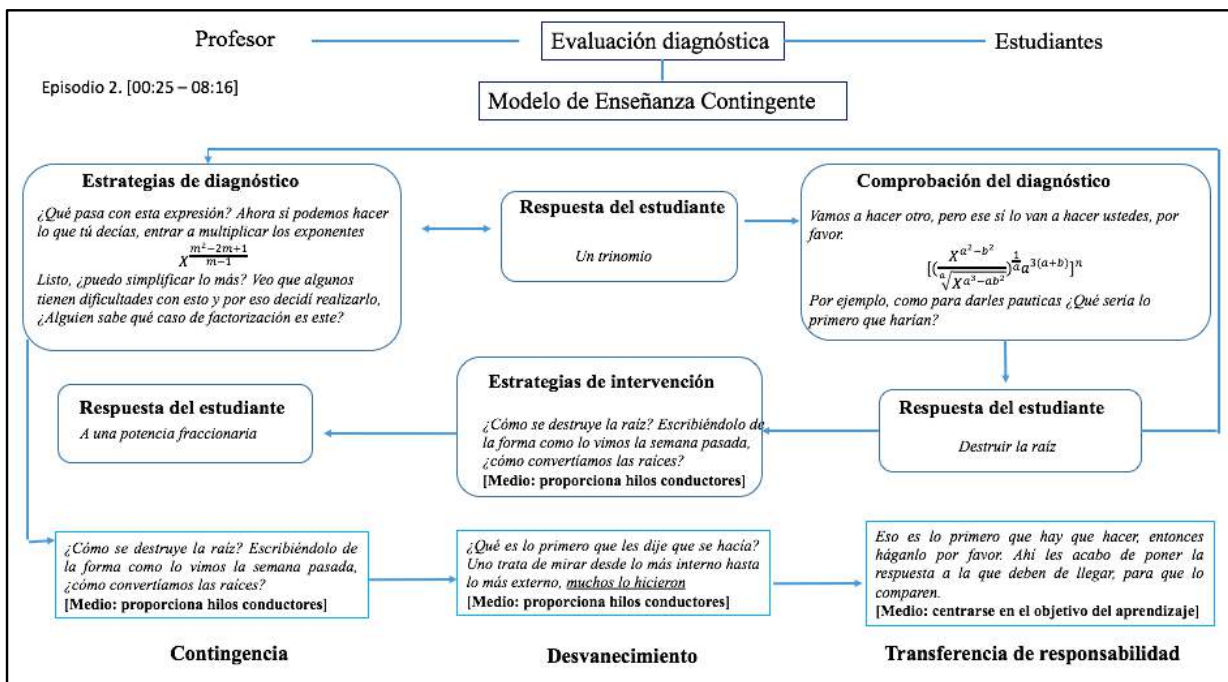


Figura 11. Episodio cognitivo de clase de Álgebra. Tema potenciación para estudiantes de primer semestre de Ingeniería

Se observa que Angela tiene presente la contingencia como elemento clave de su apuesta por promover andamiaje en sus clases. Así, este elemento busca proporcionar hilos conductores en el plano conceptual. En relación con las concepciones sobre enseñanza, aprendizaje y evaluación, y la entrevista, se confirma un vínculo consistente entre estas tres fuentes de información: Si bien Angela se preocupa por aplicar el andamiaje en su práctica en el aula de clase, la principal condición que se observa es la de la contingencia, mientras que los momentos de desvanecimiento son muy escasos y sólo se remiten a una aprobación

conceptual. La transferencia de responsabilidad parece más evidente pero aún así hay pocos rastros.

En este sentido, el desvanecimiento es complejo de promover y visualizar en la práctica por la profesora, y en algunas ocasiones, la contingencia se vincula directamente con la transferencia de responsabilidad (ver figura 12).

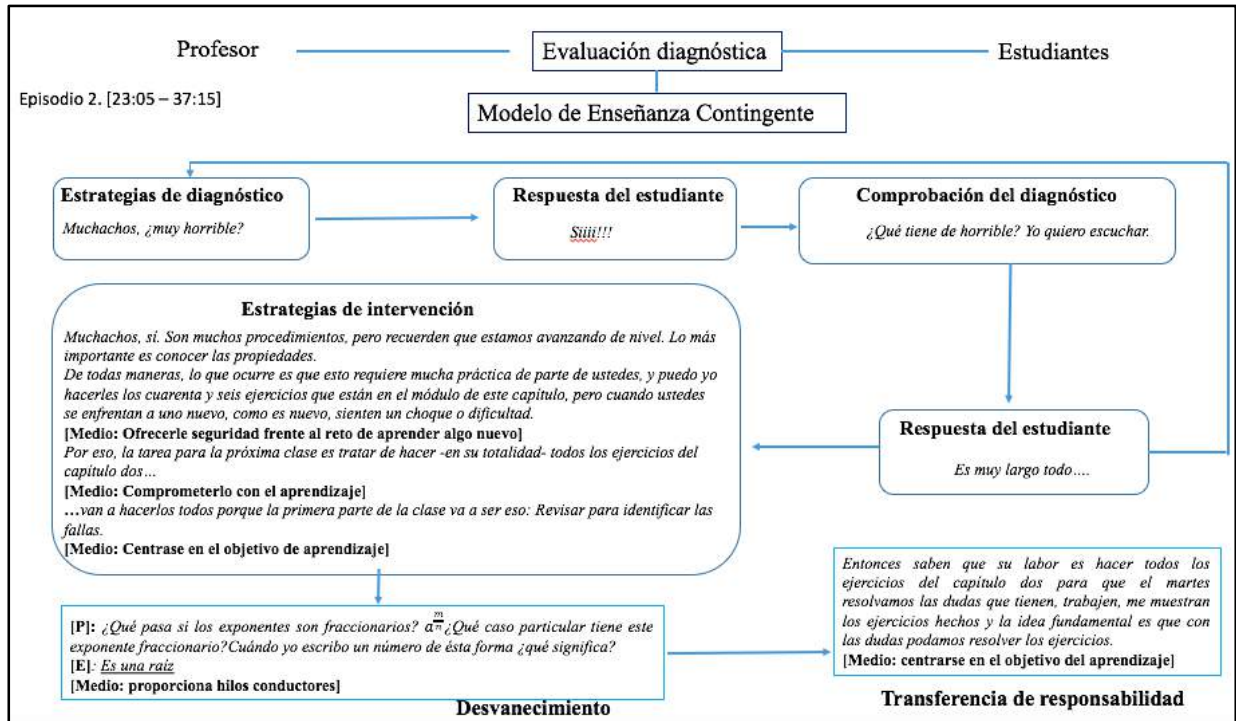


Figura 12. Episodio metacognitivo - afectivo de clase de Álgebra. Tema potenciación para estudiantes de primer semestre de Ingeniería.

Lo anterior, está de acuerdo con lo expresado por la profesora en la entrevista, así como en sus concepciones. Sin duda alguna, la vida cotidiana del contexto universitario ejerce una influencia importante: hay poco tiempo durante el semestre, los profesores requieren abordar una gran cantidad de contenidos y los grupos de primer semestre son muy numerosos. Es difícil en esas circunstancias promover elementos de andamiaje que contribuyan a la autonomía en los estudiantes y a adquirir control sobre su propio aprendizaje.

Sin embargo, Angela diagnostica inseguridad entre sus estudiantes de manera que opta por establecer cierta empatía, ofreciéndoles un andamiaje con intención explícita de comprometerlos con su aprendizaje y darles seguridad. Veamos el siguiente análisis.

El siguiente episodio tiene lugar durante 40 minutos siguiendo paso a paso un procedimiento que involucra las propiedades de la potenciación.

Angela: [...] voy a cambiar de una vez los signos

$$2^{2n+1} - n^2 - 2n - 3 + n^2$$

Y vamos a mirar qué cancelar: n^2 con n^2 , $2n$ con $2n$, entonces queda... 2^{-2}

Y eso es... $\frac{1}{2^2}$

La relevancia de presentar un episodio metacognitivo-afectivo radica en que las intenciones del andamiaje, centrado en estrategias que ofrezcan al estudiante, la seguridad frente al reto de aprender algo nuevo, de comprometerlo con el aprendizaje, así como de orientarse por el objetivo de su aprendizaje, no sólo está en el plano conceptual. Angela sabe que las actitudes, las motivaciones y los afectos son planos en los que el ser humano también aprende y en consecuencia necesitan de regulación, pero también sabe que se vinculan fuertemente con aprender conceptos. Dicho de otro modo, en la educación superior estos aspectos del aprendizaje tienen que ser tan importantes como los conceptuales porque la edad de los estudiantes no garantiza la madurez emocional, afectiva ni actitudinal. Si logramos que los profesores universitarios entiendan esto y lo tomen como punto de partida para planear su docencia, contribuiremos de forma integral con los resultados del aprendizaje, con la permanencia de los estudiantes y con el éxito académico en sus carreras hasta su graduación.

5.1.2.2 El caso del profesor Sergio

Desde sus inicios como estudiante de química, Sergio tuvo una inclinación por la enseñanza al ser monitor de laboratorio y tener contacto con los estudiantes. Se desempeñó muy temprano como docente de química a nivel universitario. Sus estudios de posgrado se

centraron en las Ciencias Químicas (Maestría) y aplicadas (Doctorado) sin dejar de lado su labor como docente. En la Facultad de Educación ha estado a cargo de los cursos de química general, orgánica, analítica, fisicoquímica y bioquímica, acumulando con esto una experiencia de alrededor de 15 años, además de tener en cuenta su desempeño en otras unidades académicas, así como en otras universidades.

Su rol como docente de profesores en formación, le ha generado preocupaciones principalmente de orden conceptual, sin desligar lo motivacional. Por esta razón, ha tratado de crear mecanismos que fortalezcan dichas falencias en los estudiantes.

Concepciones sobre enseñanza, aprendizaje y evaluación.

La figura 13, muestra la configuración de respuestas del profesor Sergio. En términos generales se observa que sus concepciones están de acuerdo con las condiciones del andamiaje, en lo que se relaciona específicamente con la contingencia y la transferencia de responsabilidad, pero en menor medida el aprendizaje-desvanecimiento. Al analizar la entrevista y las prácticas del profesor, se revelan regularidades en lo que concierne a sus concepciones.

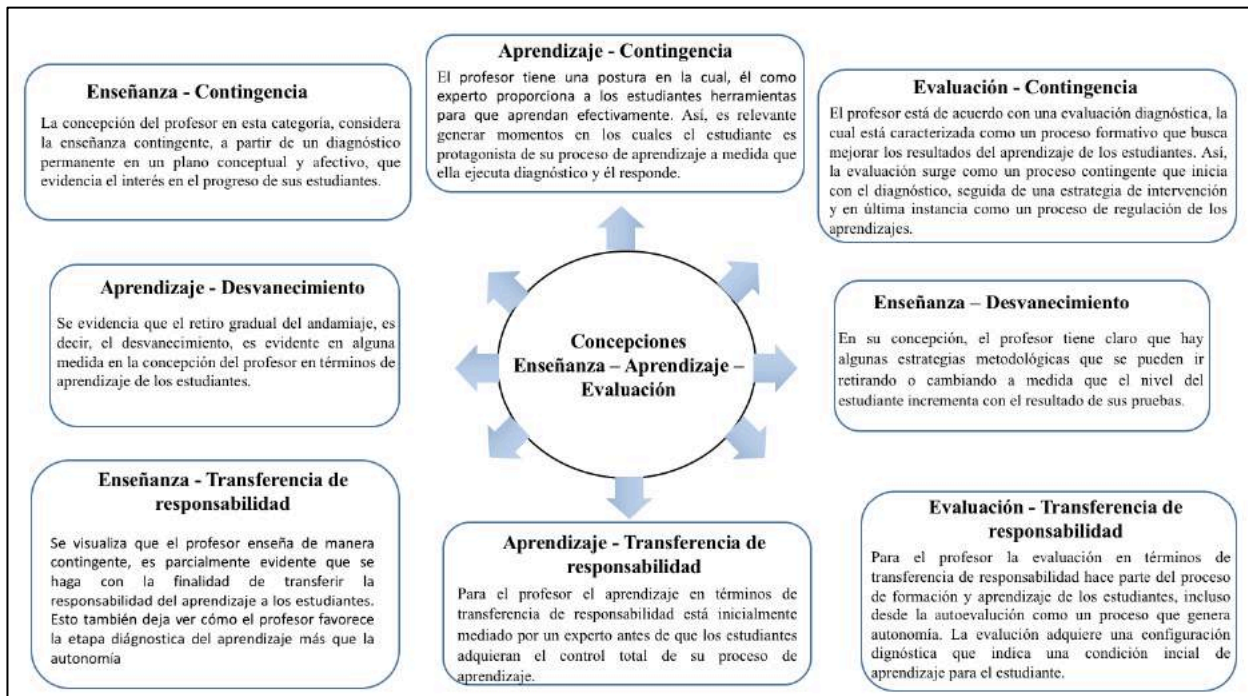


Figura 13. Concepciones sobre enseñanza, aprendizaje y evaluación del caso de Sergio

Para este profesor la enseñanza se vincula con elementos del andamiaje, aunque el desvanecimiento no es notorio en su reflexión sobre el actuar en clase. Esto significa, que pasa directamente de la contingencia (que requiere etapas de diagnóstico y evaluación), a la fase de transferencia de responsabilidad hacia el estudiante. Su caso se parece mucho al de Angela.

De esta forma, es posible pensar que para que exista el puente entre contingencia y transferencia de responsabilidad, el dispositivo de formación debe ser más explícito en cómo generar momentos en los cuales el profesor pueda aportar evidencias claras de retiro gradual del andamiaje, desde el programa de su curso, así como en la planificación del tópico seleccionado.

Entrevista

La figura 14 muestra cómo Sergio está entendiendo el andamiaje.

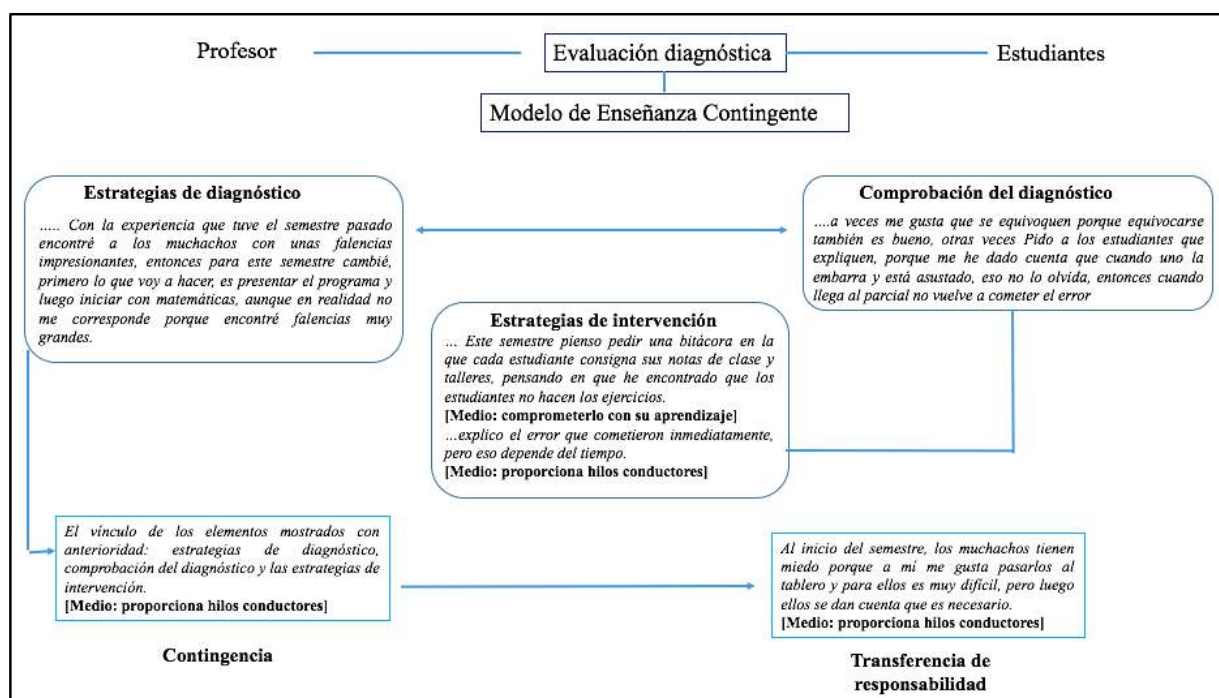


Figura 14. Configuración de respuestas de Sergio durante la entrevista, siguiendo el modelo de Ruiz-Primo y Furtak (2007)

Por lo tanto, según los elementos presentados en la figura 14, es posible plantear que el profesor considera como criterios clave de su acción docente la evaluación

diagnóstica, su comprobación, así como su intervención, proporcionando hilos conductores y comprometiendo a los estudiantes con su aprendizaje, con el fin de generar relaciones conceptuales en sus clases cuando se regulan los aprendizajes. Teniendo en cuenta los elementos clave del andamiaje: contingencia, desvanecimiento y transferencia de responsabilidad, se interpreta que para el profesor éstos hacen parte de su práctica, aunque está presente en mayor medida la contingencia, seguido de la transferencia de responsabilidad, siendo el desvanecimiento, ausente en su reflexión, lo que coincide con su práctica.

Situación de aula

El episodio que se presenta tipifica la práctica docente de este profesor que se preocupa por hacer contingencia con intenciones cognitivas. No obstante, se observan pocas evidencias de desvanecimiento y transferencia de responsabilidad.

La figura 15 muestra el episodio de una clase de sistemas químicos para 22 estudiantes de tercer semestre de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, donde el tema central es la importancia de los cálculos en química analítica, haciendo énfasis en las operaciones de matemáticas básicas, ya que el profesor ha detectado algunos obstáculos conceptuales, procedimentales y afectivos. Algunos estudiantes están pasando al tablero a resolver ecuaciones mientras los demás hacen los ejercicios en sus cuadernos.

Se observa que el profesor tiene presente la contingencia como elemento clave del andamiaje en sus clases, en tanto busca adaptar las actividades a las condiciones del estudiante en el plano conceptual. En este episodio en particular, se observa una interesante relación entre tres intenciones del andamiaje: la conceptual – cognitiva en la primera fase, donde el profesor está diagnosticando los errores que el estudiante comete a medida que enfrenta el ejercicio. Nótese que el profesor no sanciona el error del estudiante, sino que le permite cometerlo, pero se lo señala en voz alta, llamando la atención del resto del grupo para que sepan por qué está mal y qué es lo correcto. En su concepción de evaluación, Sergio asume que el error es fuente de aprendizaje y así se expresa en su práctica.

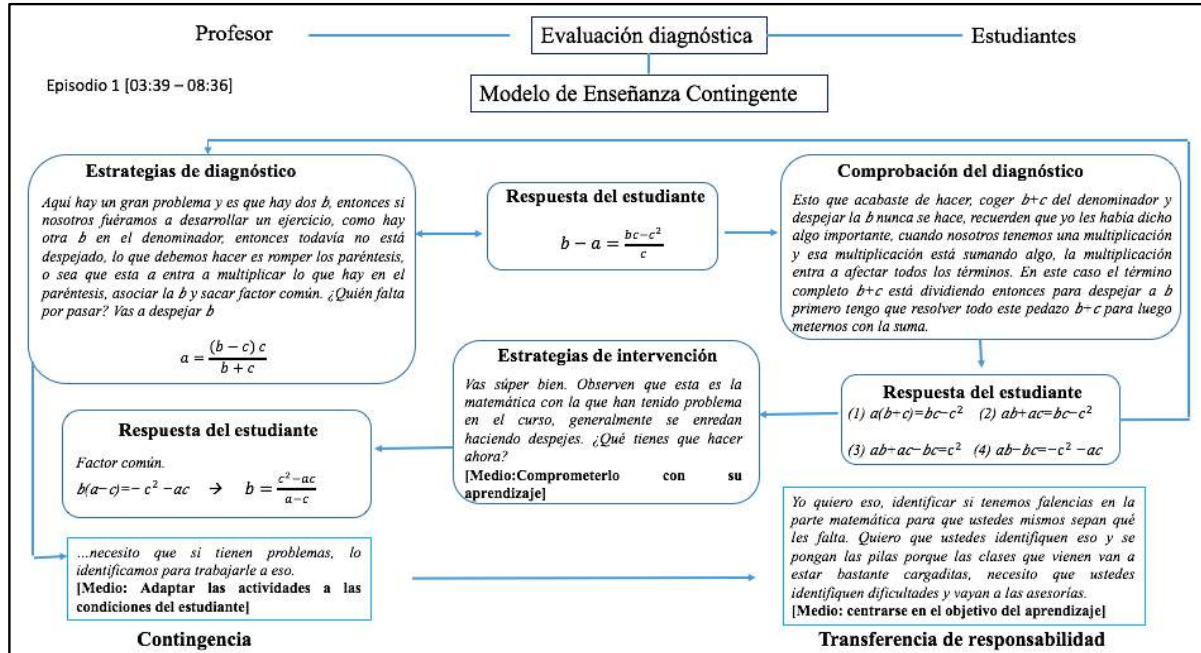


Figura 15. Episodio cognitivo de clase de Sistemas Químicos III. Tema: Importancia de los cálculos en química analítica, para estudiantes de tercer semestre de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental.

Pero Sergio sabe que tomar conciencia del error puede afectar la autoestima del estudiante. En una segunda fase modifica la intención del andamiaje con la incorporación de medios que ayudan a los estudiantes a continuar a pesar de lo difícil que sea el reto ('*Vas super bien...*') sin abandonar el objetivo central (despejar correctamente las ecuaciones) y luego, en una tercera fase cambia nuevamente la intención del andamiaje para ubicarse en el plano metacognitivo, es decir, en la importancia de identificar los errores para superarlos, pero también en lo afectivo, ya que busca comprometer a los estudiantes con su aprendizaje ('*...Necesito que ustedes identifiquen dificultades y vayan a las asesorías...*').

Al igual que Angela, este profesor se preocupa por aplicar el andamiaje en su práctica. La principal condición que se observa es la de la contingencia. La transferencia de responsabilidad aparece diluida en el episodio: el profesor coloca a los estudiantes en situación de enfrentar el despeje de ecuaciones pasándolos al tablero. Visto así, les delega la responsabilidad de aprender, pero ésta surge acompañada del andamiaje metacognitivo, cognitivo y afectivo y no hay desvanecimiento.

Al volver sobre las concepciones de Sergio respecto a la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación, así como sobre los resultados obtenidos en su entrevista, se observa que la realidad del contexto universitario se contrapone a las metas de formación integral que el profesor persigue y que van en consonancia con el perfil del profesional que está formando: *“No hay tiempo para tanto porque hay que cubrir gran cantidad de contenidos conceptuales”*. Desde otra perspectiva, en la universidad parece más importante centrar un curso en los contenidos a abordar que en la formación profesional de los estudiantes. Sergio y Angela lo saben, pero intentan hacer algo distinto y por eso sus casos son valiosos y de interés.

Conclusiones

Los profesores se informan sobre el estado del aprendizaje de los estudiantes observando su comportamiento e interactuando con ellos, es decir, aplicando constantemente la evaluación diagnóstica y esto les permite hacer contingencia con diferentes intenciones y usando distintos medios.

El dispositivo de formación centrado en la perspectiva histórico cultural y específicamente en los elementos del andamiaje, es un mecanismo que posibilita la transformación de las prácticas de los profesores con el fin de generar factores que permitan el logro, la calidad y permanencia estudiantil. Sin embargo, por razones propias del contexto universitario con respecto al límite de tiempo, contenidos, estrategias metodológicas y evaluativas, entre otras, pueden estar en contravía con las pretensiones de este tipo de apuestas que buscan articular y seguir fortaleciendo la calidad y la permanencia desde la perspectiva académica con actores como los profesores, los cuales son significativos para el proceso de enseñanza y aprendizaje y que además, siempre están interesados en mejorar su práctica.

Las evidencias de desvanecimiento son escasas frente a las de transferencia de responsabilidad, las cuales incrementan a medida que la fase de contingencia finaliza. Esto indica que el dispositivo de formación requiere ajustes según los cuales, la reflexión de los profesores debe orientarse hacia medios que den la respectiva importancia al desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad como condiciones para promover la

autonomía del estudiante. Visto así, hay que ayudar a los profesores a cuestionar sus concepciones de enseñanza, aprendizaje y evaluación para que la meta a lograr sea la autonomía.

5.2 El Vínculo del Andamiaje en la Caracterización del PCK en Educación Superior. Estudio de Caso de tres Profesores de Ciencias

Resumen

Este estudio propone el análisis de una serie de datos obtenidos a través de los siguientes instrumentos: un cuestionario de preguntas abiertas denominado Representación del Contenido (ReCo), observaciones de clase y entrevistas de autoconfrontación; con el fin de generar el mapa del PCK de tres profesores experimentados de educación superior de las áreas de biología, química y matemáticas; cuyas secuencias de enseñanza constituyen los tópicos de variación genética, reacciones ácido-base y potenciación, respectivamente. El análisis permite identificar las relaciones que se establecen entre los componentes del PCK y la correlación con los elementos del andamiaje. Es posible identificar relaciones similares y distantes entre las conexiones que establece cada profesor en su PCK. Los resultados muestran que el PCK, es propio de cada profesor, que las relaciones entre los componentes del PCK son principalmente de tipo disciplinar, que el modelo del andamiaje está más asociado al elemento de contingencia que al de transferencia de responsabilidad y al de desvanecimiento, siendo esta última dupla la menos frecuente; y que los componentes que más interactúan son los referidos al conocimiento de la comprensión de los estudiantes y al conocimiento de las estrategias de enseñanza. Se discute la conveniencia de analizar los mapas del PCK como elemento orientador hacia acciones que contribuyan a fundamentar y configurar la reflexión de los profesores, y más cuando converge con el modelo del andamiaje. Este último busca fortalecer y caracterizar el proceso de interacción profesor-estudiante, destacándose por generar un mayor control sobre el aprendizaje del estudiante y teniendo presente el ambiente del aula de clase; entre el profesor como sujeto que dispone del medio didáctico para que el estudiante tenga los elementos suficientes para lograr su autonomía.

Metodología

Para este estudio se empleó una metodología cualitativa, con enfoque descriptivo e interpretativo. El objetivo es construir el mapa del PCK (Park & Chen, 2012) del tópico de enseñanza para cada profesor a partir del análisis de un cuestionario de preguntas abiertas conocido como Representación del Contenido (ReCo), observaciones de clase y entrevista de autoconfrontación. En este estudio reconocemos los componentes del PCK como sigue: Orientación hacia la enseñanza de las ciencias (OEC), conocimiento de la comprensión de los estudiantes (CCE), conocimientos acerca de las estrategias de enseñanza (CEE), conocimiento acerca de la evaluación de ciencias (CEV), conocimientos y creencias acerca del currículo de ciencias (CC) y conocimiento de la contextualización del contenido (CCtx).

Participantes

En este estudio participaron tres profesores de educación superior pertenecientes a una universidad de la región andina Colombiana. Sus perfiles se muestran en la tabla 17.

Tabla 17.

Perfil de los profesores participantes.

Nombre ^a	Título profesional/Posgrado	Tópico de enseñanza	Experiencia (años)	# de episodios seleccionados
Angela	Licenciada en Matemáticas y Física/Magíster en Educación	Potenciación	12	9
Sergio	Químico/Magíster en Ciencias Químicas/PhD(c) en Ciencias Aplicadas	Reacciones ácido-base	10	14
Fernando	Biólogo/Magíster en Educación	Variación genética	12	8

^a hacen referencia a pseudónimos para conservar el anonimato de los participantes

Instrumentos de recolección de información

Con la finalidad de documentar de la forma más rigurosa posible los componentes del PCK de los profesores, se utilizaron: (i) el cuestionario de preguntas abiertas conocido como

Representación del Contenido (ReCo) utilizado por Padilla (2014) a partir de Loughran, Mulhall y Berry (2004), (ii) las observaciones de clase y, (iii) entrevistas de autoconfrontación. Lo anterior, centrado en los tópicos de enseñanza seleccionados por cada profesor para su posterior interpretación y análisis. Estos instrumentos permiten reconocer en cada participante las ideas centrales del tópico en estudio según los componentes predeterminados del PCK y han sido ampliamente utilizados en estudios de este tipo (Padilla & Van Driel, 2011; Park & Chen, 2012; Aydin & Boz, 2013; Padilla, 2014; Ravanal & López-Cortés, 2016). Para el análisis de la información se utilizó el modelo pentagonal de Park y Oliver (2008b).

Cuestionario de Representación del Contenido (ReCo).

En primer lugar, el ReCo corresponde a un cuestionario constituido por 11 preguntas utilizado por Padilla (2014) a partir de Loughran, Mulhall y Berry (2004). Cada pregunta fue asociada a los componentes del PCK reconocidos en este estudio. Para construir el mapa del PCK, se establece una relación entre la demanda implícita de las preguntas del ReCo y los componentes del PCK según el modelo pentagonal de Park y Oliver (2008b); el modelo se organiza y visualiza como un pentágono que muestra la relación con y entre los distintos componentes del PCK y se hace una modificación a partir de los planteamientos de Grossman (1990) al colocar explícitamente el componente relacionado con el conocimiento del contexto; así mismo, se tiene en cuenta el pronunciamiento del PCK Summit (2012) quienes plantean la relevancia de considerar este último elemento. El ReCo fue aplicado antes de las filmaciones de clase, cada uno de los cuestionarios fue enviado y recibido por correo electrónico y el profesor participante dispuso de 30 días para responderlo.

A partir del sesgo que puede proporcionar el cuestionario ReCo la información se triangula con los demás instrumentos de recolección de información, otorgando con esto fortalecer la caracterización del PCK y así, precisar el vínculo del Andamiaje del profesor partícipe de la investigación.

Observación de clase

A partir de los métodos propuestos por la clínica didáctica, el método central en este estudio para la recopilación de la información fue la videoscopía, la cual nos permitió observar los eventos de enseñanza de nuestro interés como son las interacciones que se dan entre el profesor y los estudiantes en el transcurso de la clase. Para ello se usó una cámara de video y una grabadora de audio. La cámara de video quedó en manos del investigador, quién pudo así seguir de cerca el desarrollo dinámico de los acontecimientos filmados. La grabadora, se ubicó en el bolsillo del delantal del profesor respectivo, con el fin de lograr un registro detallado de su discurso.

Todas las transcripciones se realizaron teniendo en cuenta los videos registrados en la cámara de video y con apoyo del material obtenido en la grabadora de audio.

Es importante tener en cuenta, de acuerdo a Rickenmann (2012), el no olvidar que la videoscopía no consiste en captar positivamente la totalidad de una realidad, y recordar en permanencia que el acto mismo de filmar hace parte ya del proceso interpretativo típico de la investigación cualitativa. Filmar la vida del aula es recoger y estructurar informaciones desde un determinado punto de vista. Por ello, es preciso mantener la articulación metodológica entre el modelo interpretativo de referencia y las preguntas de investigación que guiarán la mirada hacia los sectores y momentos de la actividad didáctica en los que se espera que se presenten los tipos de fenómeno a observar.

Entrevistas de autoconfrontación

En el análisis de la acción docente, se utiliza el método de autoconfrontación (Amigues, Faight & Saujat, 2004). Este dispositivo consiste en someter la videoscopía al análisis conjunto del investigador con el profesor filmado (autoconfrontación) o de éste y de un colega con la misma experiencia (autoconfrontación cruzada), con la finalidad de objetivar, en los discursos descriptivo-explicativos que ambos proponen, elementos implícitos tanto de la planificación como del manejo de la actividad en el aula, es decir, discutir aspectos o momentos particulares de la acción docente. Las autoconfrontaciones se fundamentan en invitar a los actores de la investigación (docente, alumnos, si es el caso) a hacer una lectura comentada, y dialogada, a partir de estas videoscopías y/o de los materiales (trazas escritas, fotografías, apuntes) recogidos por el investigador a lo largo de su observación.

El uso de las autoconfrontaciones adquiere matices particulares en el marco de la clínica didáctica por cuanto la lectura-interpretación está supeditada a las matrices interpretativas de los modelos y conceptos de funcionamiento del sistema didáctico. En este sentido, las videoscopías no se consideran ni utilizan como un material neutro. Por el contrario, dadas las pautas temporales generalmente largas del material colectado, las videoconfrontaciones se hacen generalmente a partir de un material editado, fuertemente marcado por la lectura del observador (Rickenmann & Córdoba, 2009).

Los episodios de las clases de los profesores, fueron seleccionados a criterio del investigador, tomando en consideración momentos de las clases que tuvieran relación con las categorías y con asuntos que requirieran confrontación. Fue necesario utilizar la estrategia de observación conjunta de los videos con su respectiva transcripción, ya que era importante conversar sobre algunas situaciones que se vivieron en las clases, de tal manera que los profesores pudieran ampliar y explicar ciertas decisiones que surgieron en las mismas. En todas las sesiones de clase objeto de análisis se seleccionaron momentos de la acción docente para la autoconfrontación, los cuales aparecen en los análisis y discusión de los resultados.

Análisis de datos

Teniendo en cuenta los instrumentos de recolección de información: el cuestionario ReCo, las observaciones de clase y la entrevista de autoconfrontación, así como su triangulación, se realizó un análisis de contenido y posteriormente una codificación para establecer las relaciones entre los componentes del PCK. Posteriormente, se realiza un análisis enumerativo entre componentes (LeCompte & Preissle, 1993) con el fin de explorar la relación entre ellos para construir los mapas de PCK (Park & Chen 2012; Aydin & Boz, 2013). La relación surge de lo declarado en el ReCo –ideas, experiencias, conocimiento, situaciones, ejemplos u otros- y el vínculo con un componente del PCK asumiendo como origen la pregunta de este instrumento y cruzándola con los episodios de clase respectivos, así como las respuestas a la entrevista de autoconfrontación. Para sistematizar las conexiones –relación en un plano declarativo- y así construir el mapa del PCK del tópico seleccionado por los profesores participantes, se contabilizó el número de vínculos entre el componente de origen y el componente destino. Luego, se calculó la frecuencia entre

componentes y, finalmente, se representó gráficamente la dirección del vínculo y la frecuencia de las relaciones. Con el fin de vincular los elementos del andamiaje, se tuvo en cuenta la interacción profesor-estudiante que está registrada en las clases filmadas, y se evaluó episodio por episodio según los criterios conceptuales que definen los elementos, según la Tabla 18.

Tabla 18.

Criterios de elementos del andamiaje para su evidencia, a partir de van de Pol et al (2010)

Elemento de Andamiaje	Contingencia	Desvanecimiento	Transferencia de Responsabilidad
Criterio	Si un estudiante, por ejemplo, trabaja en una serie de tareas, y el maestro adapta el apoyo en respuesta a la comprensión del alumno, el profesor está enseñando de forma contingente.	Un maestro promueve el <i>desvanecimiento</i> cuando el nivel o la cantidad de apoyo disminuye con el tiempo.	La responsabilidad del aprendizaje se transfiere cuando un alumno asume un control creciente sobre su rol como aprendiz.
		Si el alumno entiende, el profesor puede desaparecer con el tiempo.	A medida que el apoyo se <i>desvanece</i> , el maestro también puede <i>transferir la responsabilidad al alumno</i> , de modo que el alumno tome cada vez más control sobre su aprendizaje.
		A medida que el apoyo se <i>desvanece</i> , el maestro también puede <i>transferir la responsabilidad</i> al alumno, de modo que el alumno tome cada vez más control sobre su aprendizaje.	La transferencia sólo es efectiva cuando se hace de manera contingente.
		El <i>desvanecimiento</i> depende del nivel de desarrollo y competencia del aprendiz.	
		Al <i>disminuir el apoyo</i> que brindan los profesores pueden ayudar a los estudiantes a involucrarse más en el proceso de aprendizaje (Wu y Krajcik, 2006).	

La revisión de literatura realizada y las investigaciones a la fecha no han reportado cuál es la forma de evidenciar los elementos de desvanecimiento y transferencia de responsabilidad asociados al andamiaje en ambientes naturalistas (ambiente de aula de clase) (van de Pol, et al., 2010; Lin, et al., 2012; van de Pol, Volman & Beishuizen, 2012).

De esta forma, teniendo en cuenta la experiencia del grupo de investigación GECM, en el estudio de los procesos didácticos (Sensevy, 2007), se vincula este marco referencial con el fin de analizar las evidencias de estos elementos. En este sentido, se establece de manera indirecta al explorar y analizar los procesos didácticos que se dan en clase, específicamente, el proceso topogénético, que asocia directamente la relación estudiante – saber.

Esto significa, que se debe examinar el enriquecimiento topogénético de los estudiantes. Así, es importante tener en cuenta que las prácticas docentes de cada profesor son diferentes por lo que los elementos del andamiaje que logran generar y se puedan identificar serán diferentes para cada uno. Es decir, que depende del profesor, del área de conocimiento, del contenido, de su estilo de enseñanza, entre otros factores que influyen en el conocimiento y las creencias del profesor.

Resultados

5.2.1 El caso de la profesora Angela

Mapeo y caracterización del PCK

En primer lugar, es relevante hacer una precisión con respecto a la configuración del grupo de clase donde se realizó el estudio, el cual se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19.

Configuración de grupo de clase de la profesora Angela

Semestre	Carrera	Asignatura	Tópico	Número de estudiantes	Rango de edades de estudiantes	Horario de clase
Primero	Ingeniería ^a	Algebra y trigonometría	Potenciación	35	16-20	20:00 – 22:00

^a ingenierías como: civil, química, sistemas, industrial, entre otras.

Según el análisis de datos para el caso de la profesora Angela, se obtiene la relación de los componentes del PCK en un mapa como se muestra en la figura 16.

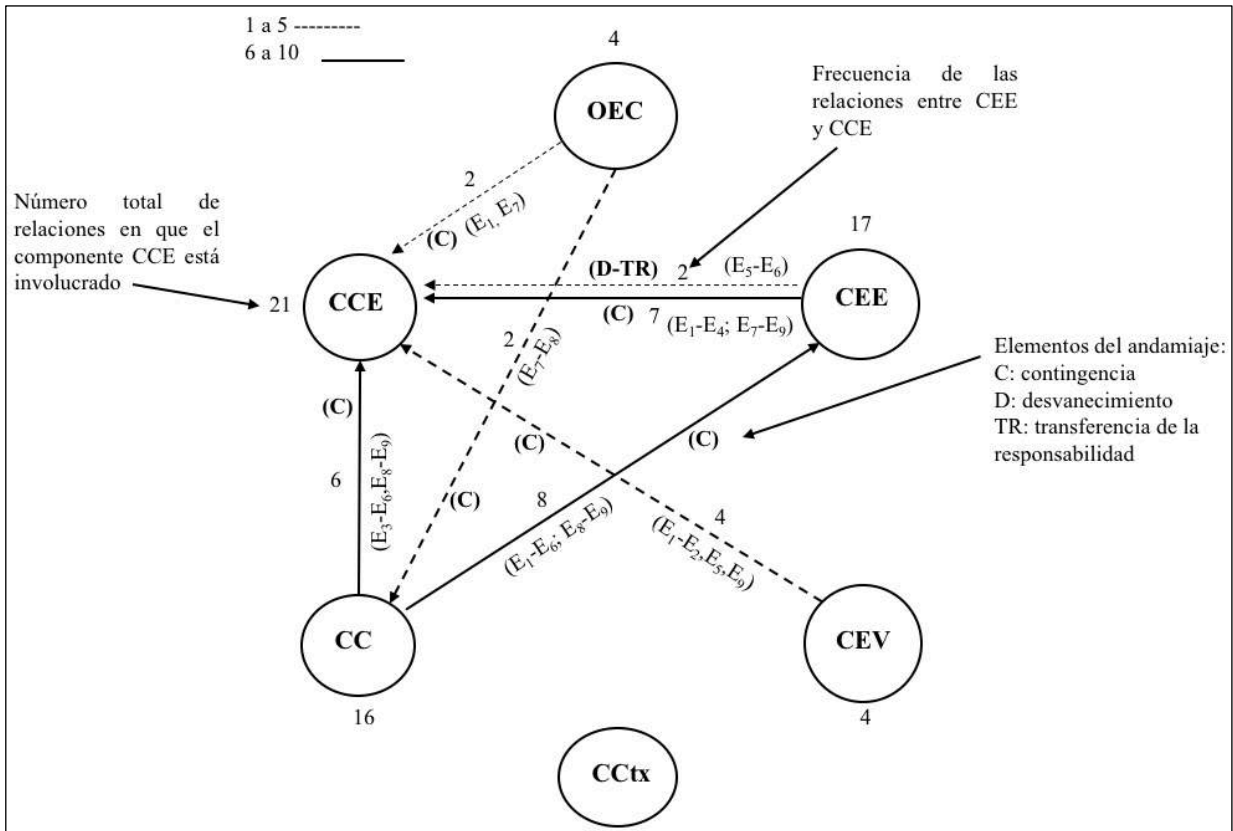


Figura 16. Mapa del PCK de la profesora Angela para los episodios de potenciación. La punta de flecha indica la direccionalidad de la conexión, la cual se basa en la intencionalidad que tiene el profesor en establecer la relación correspondiente. E_n corresponde al episodio seleccionado que relaciona las interacciones entre los diferentes componentes. En círculos están señalados los respectivos componentes del PCK.

En la figura 16 se muestran las relaciones entre componentes del PCK, la frecuencia de cada conexión también indica su intensidad, así que, si la frecuencia de una relación es más alta, consecuentemente es más fuerte.

En total fueron seleccionados 9 episodios (E₁ a E₉) después de hacer el proceso de sinopsis, en los cuales se observaron elementos del PCK, encontrando las siguientes frecuencias de las relaciones que establece (mapa de la figura 16) un componente con otros: la orientación de la enseñanza (OE) (6.5%), el conocimiento de la comprensión de los estudiantes (CCE) (34%), el conocimiento de la evaluación (CEV) (6.5%), el conocimiento de las estrategias de enseñanza (CEE) (27%), el conocimiento del currículo (CC) (26%) y el conocimiento de la contextualización del contenido (CCTx) (0%). Los anteriores datos se

obtienen a partir del total de relaciones establecidas en el mapa, las cuales corresponden a 62; así, por ejemplo, si queremos conocer con qué frecuencia se establecen las relaciones con el componente “orientación de la enseñanza de las ciencias (OEC)” efectuamos la relación que se muestra en la ecuación (1)

$$\frac{4 \text{ relaciones OEC}}{62 \text{ relaciones totales}} \times 100 = 6.5\%. \quad (1)$$

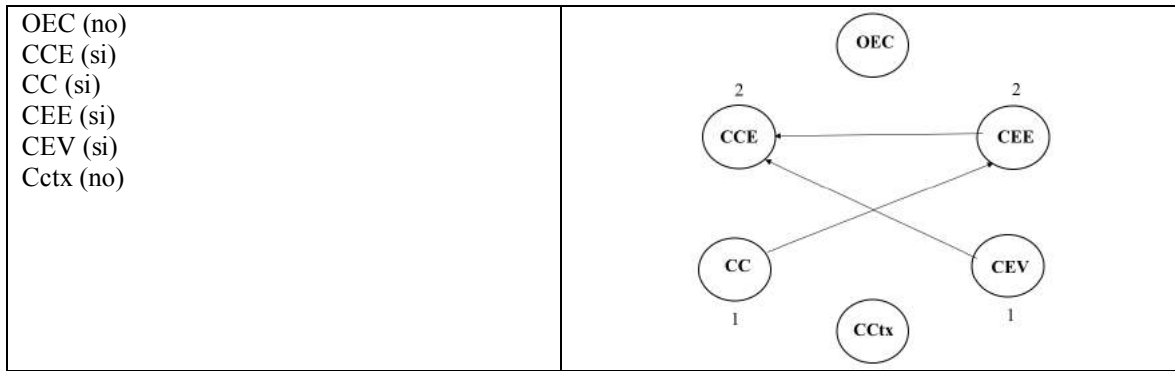
De esta forma, es posible obtener los valores correspondientes que se relacionan con anterioridad para cada uno de los componentes. Así, es relevante aclarar cómo se han llegado a establecer las frecuencias a partir de las fuentes de información para configurar el mapa mostrado en la figura 16. A continuación se muestra a modo de ejemplo en la Tabla 20

Tabla 20

Ejemplo de análisis de profundidad para establecer el mapa de PCK de la profesora

Angela

Descripción del episodio #1	
<p>Angela: ¿Quién me dice cómo hallamos la razón? Estudiantes: Con la fórmula profe Angela: ¿y cuál es la fórmula? A ver que no es tan difícil la fórmula Estudiantes: a/b Angela: Más que la fórmula ¿qué me está diciendo? ¿Qué me está tratando de decir esa fórmula? ¿Que haga qué? Estudiantes: Una división... Angela: ¿La división de qué? Estudiantes: de dos términos.... Angela: Háblalo en un lenguaje más coloquial que todos lo entendamos Angela: de dos términos que, ¿qué características tienen? Estudiantes: consecutivos Angela: son consecutivos</p>	
Evidencia de la presencia de componentes del PCK en el episodio	
<p>1. Angela: ¿Quién me dice cómo hallamos la razón? (CCE) 2. Angela: ¿y cuál es la fórmula? A ver que no es tan difícil la fórmula (CEV) 3. Angela: Más que la fórmula, ¿qué me está diciendo? ¿Qué me está tratando de decir esa fórmula? ¿Que haga qué? (CCE; CEV) 4. Angela: Háblalo en un lenguaje más coloquial que todos lo entendamos (CEE) 5. Angela: de dos términos que, ¿qué características tienen? Estudiantes: consecutivos Angela: son consecutivos (CC)</p>	
Componentes integrados en el episodio	Mapa del PCK para el episodio



En esta dirección, se presenta cada uno de los componentes como sigue relacionando la descripción y el análisis con la tabla 21:

CCE: es el conocimiento preponderante del PCK de la profesora, relacionándose con la mayoría de los componentes (CEE, CC, CEV, OEC) a excepción de la contextualización del contenido. En el caso de la profesora, este componente está conformado por dos conocimientos, el que ella posee sobre el interés de los estudiantes hacia la temática y el relacionado con las dificultades que ellos presentan en el aprendizaje de la temática (ej 2).

CEE: consideramos que para la profesora este componente constituye un medio que posibilita la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos vistos en clase, ya que se encuentra fuertemente vinculado con CCE y CC (ej 3).

CC: el análisis permitió establecer que es el tercer componente según la frecuencia de relaciones. Este conocimiento está prioritariamente en función de las estrategias de enseñanza (8 de 16 relaciones^α), así como del conocimiento de la comprensión de los estudiantes (6 de 16 relaciones), demostrando con esto que los contenidos hacen parte fundamental de la acción docente de la profesora y que están orientados hacia sus estrategias y la comprensión de sus estudiantes (ej 2).

CEV: la evaluación para la profesora no se limita a valorar contenidos; interpretamos que para ella éste es un componente regulador de la enseñanza y el aprendizaje, puesto que le permite detectar dificultades y plantear soluciones (ej 4).

^α Esto significa que de las 16 relaciones que establece el componente CC con todos los componentes, 8 corresponden a la relación particular con el componente CEE. Es decir, de los 9 episodios seleccionados para el caso, 8 establecen esta conexión, como se observa en el mapa para la profesora Angela, lo que se genera a partir de lo mostrado en el ejemplo de la Tabla 20

OEC: la orientación se relaciona en igual proporción con los componentes de CC y CCE. Esto se puede interpretar en el plano del enfoque de enseñanza de la profesora ya que tiene en cuenta el currículo en su práctica, con el fin mismo de llevar los contenidos a los estudiantes y que éstos los comprendan (ej 1).

CCtx: se observa que el PCK de la profesora no está influenciado por el contexto, ya que no establece ninguna relación con los demás componentes. Aunque manifiesta la importancia del contexto, en la observación no se identifica (ej 5).

Tabla 21

Relación de componentes del PCK a partir del ReCo.

Ej.	Pregunta ReCo	Respuesta	Componente del PCK	Relación entre componentes del PCK en la práctica
1	¿Qué más sabes sobre esta idea que no le enseñes a tus estudiantes?	Trato de explicarles todo lo concerniente a la temática, con el fin de que tengan las herramientas para poderse enfrentar ante otras situaciones.	OEC	OEC→CC
2	¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas al aprendizaje de este concepto?	Las operaciones básicas que se realizan cuando se aplican las propiedades. Los estudiantes se les explican los conceptos y cada una de sus propiedades y reconocen su actuar, pero al relacionar con conocimientos previos, esto dificulta la comprensión del tema.	CCE	CCE→CC
3	¿Qué procedimientos empleas para que los estudiantes se comprometan con el concepto?	Demostraciones de las propiedades con el fin de que conozcan el origen de lo explicado. También, muchos ejemplos, porque considero que son fundamentales como insumo para el estudio y preparación.	CEE	CEE→CCE
4	¿Qué formas específicas utilizas para evaluar el entendimiento o confusión de los estudiantes sobre el concepto?	Se emplean procesos de reflexión donde constantemente se realizan preguntas para reconocer fortalezas y debilidades de los estudiantes. Además, algunos estudiantes salen al tablero, con el fin de demostrar su apropiación conceptual y reforzar con sus compañeros lo aprendido.	CEV	CEV→CCE
5	¿Cómo esperas que el aprendizaje de este concepto impacte en la vida cotidiana de tus estudiantes? ¿qué haces para que tenga ese impacto?	Cuando trato de relacionarlos con otras situaciones y explicarles la utilidad que este tema tendrá. Además de los procesos de abstracción y asimilación que trato de lograr en el desarrollo de la clase.	Cctx	No se identifica

La investigación de Park y Chen (2012) propuso que las relaciones obedecen a la fuerza con que se generan, otorgando un único parámetro numérico correspondiente a 1 para su frecuencia. Por su parte, Aydin y Boz (2013) se centraron, además de la fuerza, en la calidad y utilidad de la integración para el aprendizaje de los estudiantes, proponiendo de igual forma un parámetro numérico, que puede variar de 1 a 3, según una rúbrica de codificación de datos. A diferencia de estas investigaciones, en el presente estudio proponemos parámetros cualitativos, que surjen del constructo del andamiaje –contingencia (C), desvanecimiento (D) y transferencia de responsabilidad (TR)–, identificados en la interacción profesor-estudiante, las cuales subyacen a las conexiones entre los componentes del PCK. Por lo tanto, la contribución que se plantea en esta dirección, son los elementos del andamiaje que median esta relación, como se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22.

Episodios y la relación con el elemento del andamiaje.

Ej.	Episodio	Elemento de andamiaje
1	<p>P: vamos a hacer otra generalización y vamos a llamarla la propiedad número seis. <i>¿Qué pasa si yo tengo $\frac{a^n}{a^n}$? Si yo tengo un término sobre otro término, esa división, ¿a qué es igual? (C)</i></p> <p>Es: A uno.</p> <p>P: pero por la propiedad cinco, esto sería $a^{n-n} = 1$ y, $n-n$ ¿a cuánto es igual? (C)</p> <p>Es: a cero.</p> <p>P: $a^0 = 1$ De ahí viene que toda expresión elevada a la cero da uno. Miremos este ejemplo: ¿Qué sería tener $(a + b)^0$?(C)</p> <p>Es: Uno.</p>	Contingencia (C)

2	<p>P: vamos a aumentar el grado de complejidad de los ejercicios aplicando todas las propiedades que hemos visto. Iniciemos con este:</p> $\frac{3^{-1} + 2^{-1}}{2^{-1} - 3^{-1}}$ <p><i>¿Qué se les ocurre? De todas las propiedades que hemos visto, ¿cuál es la única que podemos aplicar? (C)</i></p> <p>E6: La del exponente negativo. P: <u>Bueno, Isa nos va a colaborar haciéndolo. Explícales. (D - TR)</u></p> <p>E6 (Isa): Lo que yo comencé haciendo fue invertir, o sea aplicando la propiedad de los exponentes negativos</p> $\frac{1}{3} + \frac{1}{2}$ $\frac{1}{2} - \frac{1}{3}$ <p>P: <u>¿Listo? (C) Y Luego hacemos la operación de fraccionarios (D-TR)</u></p> <p>E6 (Isa): Yo sumo así</p> $\frac{2 + 3}{6}$ $\frac{3 - 2}{6}$ <p>P: <u>Lo que ella hace es el mínimo común múltiplo (C).</u></p> <p>Isa: Bueno,</p> $\frac{5}{6}$ <p>$\frac{6}{1}$ Y aplico ley de extremos, $\frac{30}{6} = 5$</p>	<p>Contingencia (C)</p> <p>Desvanecimiento (D) y transferencia de responsabilidad (TR)</p>
---	--	--

Seguidamente se relaciona la descripción de los ejemplos registrados en la tabla anterior.

C: se observa (ej 1) que la enseñanza contingente ejecutada por la profesora es el elemento central del andamiaje. En este sentido, la relación que subyace entre los componentes del PCK está centrada en CC→CCE, mostrándose en la figura 3.

D y TR: la estudiante realiza una respuesta al diagnóstico y asume el control sobre su aprendizaje, una vez la profesora hace desvanecimiento y transferencia de responsabilidad (ej 2). De esta forma, la responsabilidad del aprendizaje se transfiere cuando la estudiante asume un control creciente sobre su rol como aprendiz. Estos elementos subyacen al vínculo entre los componentes del PCK CEE→CCE, como se muestra en la figura 16.

Para comprender la representación de estos dos últimos elementos del andamiaje, se evalúa a partir del enriquecimiento topogenético del estudiante. Es decir, la estudiante (Isa) que en este episodio explica cómo se realiza el ejercicio muestra un enriquecimiento

topogenético epistémico, ya que está relacionado con el saber (significados institucionales). Según el episodio, se tienen en cuenta momentos en los cuales se ponen en juego elementos conceptuales y argumentativos por parte de la estudiante que está explicando una vez el profesor hace desvanecimiento y a su vez transferencia de responsabilidad.

Lo anterior, significa que la interacción entre procesos didácticos, se puede ilustrar pensando en el profesor que observa que su estudiante es capaz de comprender un concepto o fenómeno natural porque utiliza adecuadamente el modelo teórico correspondiente; en este caso se puede asumir que el rol del estudiante ha cambiado (topogénesis).

De esta manera la observación de los comportamientos o las acciones que los estudiantes adoptan durante la tarea didáctica es una indicación del tipo de relación con el saber o con las actividades de aprendizaje que se han logrado establecer o que se están construyendo. Desde el punto de vista de la topogénesis, el estudio in situ de las interacciones didácticas (Chevallard, 1997; Mercier & Schubauer-Leoni, 2000; Sensevy, 1998), lleva a evaluar la actividad compartida por el profesor y el estudiante, centrándonos principalmente en la acción del estudiante.

De acuerdo a lo anterior, se puede establecer que una acción docente centrada en el estudiante, en la promoción de procesos interrelacionales (diálogos, argumentos), involucra por parte de los profesores un compromiso primordial en el desvanecimiento y transferencia de responsabilidad, elementos enfocados al cambio topogenético del estudiante. Es precisamente esa acción del saber lo que es necesario describir, para comprender cómo ocurre la enseñanza y el aprendizaje.

Componentes del PCK y sus relaciones

Nuestro análisis del mapa del PCK de la profesora Angela y los patrones que surgieron a través del método de comparación constante indicaron cinco características sobresalientes de la integración de los componentes del PCK: (a) la integración de los componentes fue idiosincrásica y específica del tópico; (b) el conocimiento de la comprensión del estudiante (CCE) y el conocimiento de estrategias de enseñanza (CEE) fueron centrales en la integración; (c) el conocimiento de la evaluación (CEV) tenía la conexión más limitada con otros componentes; (d) el conocimiento del currículo (CC) se relacionó más a menudo con CEE y CCE que con las Orientaciones hacia la enseñanza de la ciencia (OEC) y CEV; (e)

la contextualización del contenido no presenta conexiones con los demás componentes; y (f) la OEC se clasifica como didáctica, inhibiendo su conexión con otros componentes como lo plantea Friedrichsen, Van Driel y Abell (2011). En este sentido, la orientación didáctica es centrada en el docente (Friedrichsen, 2002). Un maestro con una orientación didáctica tiene el objetivo de "transmitir los hechos de la ciencia" (Magnusson et al., 1999, p.100). La instrucción para esta orientación se caracteriza así: *"El docente presenta información, generalmente a través de conferencias o debates, y las preguntas dirigidas a los estudiantes deben hacerlos responsables de conocer los hechos producidos por la ciencia"* (p.101).

La integración de los componentes fue idiosincrásica y específica del tópico

La naturaleza idiosincrásica y la especificidad del tema de PCK han sido defendidas conceptualmente y/o empíricamente por muchos académicos (Loughran, Mulhall, & Berry, 2008; Park & Oliver, 2008a; Padilla & Van Driel, 2011; Park & Chen, 2012). En consonancia con Aydin y Boz (2013), nuestros hallazgos sugieren, sin embargo, que esas características no solo se derivan de diferentes componentes de PCK involucrados en un episodio de enseñanza, sino también a las dinámicas de integración entre los mismos como se puede ver en el mapa para la profesora Angela en la figura 16.

CCE y CEE fueron centrales en la integración

Coincidimos con investigaciones recientes (Park & Chen, 2012; Aydin & Boz, 2013; Ravanal & López-Cortés, 2016) en que la relación entre los componentes del conocimiento de la comprensión de los estudiantes (CCE) y el conocimiento de las estrategias de enseñanza (CEE), son centrales en el mapa del PCK, como lo es para el caso de la profesora, mostrando con esto que son los componentes que más se relacionan con cualquier otro componente. En este sentido, esto implica que la comprensión de los maestros sobre la comprensión de los estudiantes (CCE) y las correspondientes estrategias de enseñanza (CEE) guiaron principalmente a otros componentes a la incorporación para dar forma a su mapa de PCK. Como afirma Park y Chen (2012), dado que los profesores deberían saber lo que los estudiantes ya saben y lo que probablemente les dificulte aprender

un tema en particular a fin de generar estrategias de enseñanza apropiadas, la fuerte conexión entre CCE y CEE parece natural. Esta relación aparece en la acción docente de la profesora. Por ejemplo, cuando se hace una explicación en clase de un ejercicio específico, Angela se da cuenta de algunas dificultades conceptuales que poseen los estudiantes. Ella plantea: *“yo siempre quiero asegurar que los estudiantes hayan tenido una comprensión conceptual de la clase y de los temas pasados. Con esto, lo que busco es que los estudiantes tengan un acercamiento de la apropiación del concepto”* (Angela, entrevista de autoconfrontación). A partir de esta comprensión de los estudiantes considera un trabajo centrado en el fortalecimiento de las dificultades, proponiendo: *“uso de demostraciones de las propiedades con el fin de que conozcan el origen de lo explicado. También, muchos ejemplos, porque considero que son fundamentales como insumo para el estudio y preparación”* (Angela, ReCo).

De esta forma, el mapa de la profesora Angela deja ver que en los nueve episodios grabados, existe la relación entre estos componentes, lo que permite interpretar que a la profesora le preocupa más allá de la identificación de las dificultades de aprendizaje o errores conceptuales de los estudiantes, adaptar sus estrategias de enseñanza para satisfacer las necesidades de aprendizaje de los estudiantes o para enfrentar sus conceptos erróneos.

CEV presentó la conexión más limitada con otros componentes

El mapa del PCK de la profesora Angela muestra que CEV se relaciona únicamente con CCE y sólo en 4 de los 9 episodios. Este componente consiste en el conocimiento de las dimensiones del aprendizaje de la ciencia que son importantes para evaluar dentro de una unidad de estudio particular y el conocimiento de los métodos mediante los cuales se puede evaluar ese aprendizaje (Tamir, 1988). El conocimiento de los maestros sobre los métodos de evaluación incluye el conocimiento de instrumentos específicos, enfoques o actividades que pueden usarse durante una unidad de estudio particular para evaluar dimensiones importantes del aprendizaje de la ciencia (Magnusson et al., 1999).

La profesora a menudo aplicaba diferentes tipos de preguntas para diagnosticar el nivel de comprensión de los estudiantes del concepto que se enseña y, además, para adaptar su enseñanza. En consecuencia, el conocimiento de la evaluación (CEV) de la profesora hacía

conexiones con CCE. Por ejemplo, Angela tendía a hacer una serie de preguntas similares relacionadas con un concepto particular al comienzo de cada clase. Ella creía que antes de enseñar un concepto, debería descubrir el nivel inicial de comprensión de los estudiantes sobre el concepto y que una forma efectiva de evaluar su comprensión actual es hacer preguntas. Ella plantea: “...*el potencial de la pregunta para mí radica en verificar la apropiación del contenido que están teniendo los estudiantes, por eso me gusta tanto hacer preguntas, para saber si de verdad están entendiendo lo que se está trabajando en clase*” (Angela, entrevista de autoconfrontación).

Este ejemplo es válido ya que se destaca que el conocimiento de la profesora sobre la evaluación formativa le permitió evaluar dónde están sus estudiantes para aprender un concepto particular a través del cual mejoró aún más su conocimiento de la comprensión del estudiante (CCE). Con el nuevo conocimiento de la comprensión del estudiante extraído de la evaluación formativa, la profesora ideó nuevos enfoques para mejorar la comprensión de los estudiantes a través de los cuales amplió su repertorio de estrategias de enseñanza, como por ejemplo integrar los elementos del andamiaje de desvanecimiento y transferencia de responsabilidad, como se ve en el mapa del PCK (figura 16).

CC se relacionó más frecuentemente con CEE y CCE que con otros componentes

El mapa del PCK indicó que las relaciones establecidas por la profesora Angela con respecto al conocimiento del currículo (CC) están vinculadas al conocimiento de las estrategias de enseñanza (CEE) con 8 de 16 relaciones, mientras que con el conocimiento de la comprensión de los estudiantes (CCE) 6 de 16 relaciones.

El Conocimiento del currículo se refiere a la comprensión de los docentes tanto del currículo horizontal como vertical para una materia y los materiales curriculares disponibles para enseñar un tema en particular (Grossman, 1990). El conocimiento sobre los planes de estudios horizontales se demuestra por el conocimiento de los maestros sobre las metas y objetivos para los estudiantes en la materia que están enseñando (por ejemplo, normas estatales y nacionales) y la articulación de esas pautas en los temas tratados durante el año escolar (Magnusson et al., 1999). El conocimiento sobre lo que los estudiantes

aprendieron en años anteriores y lo que se espera que aprendan en años posteriores se incluye en el conocimiento de los docentes sobre el currículo vertical (Grossman, 1990).

El análisis de datos utilizando el método comparativo constante reveló que el conocimiento de la profesora sobre el plan de estudios para los temas enseñados durante el semestre y particularmente, para la secuencia filmada, se integró al PCK significativamente, influyendo en sus decisiones de enseñanza. Por ejemplo, Angela a menudo exhibía su conocimiento del programa y las pautas curriculares, gracias a su experiencia orientando la asignatura (8 años), y esto se evidencia porque hace uso de este conocimiento como un referente para descubrir cómo construir una lección que apoye mejor el aprendizaje de los estudiantes. Ésto se puede evidenciar en el siguiente fragmento:

“...a partir de mi experiencia, a partir de lo que yo he recogido, a partir de lo que he construido conceptualmente, les doy como una secuencia de pasos, como una secuencia que ellos deberían seguir, más no los obligó a que la usen, porque eso sería como castrar el pensamiento, decir así usted lo tiene que hacer y así es. No, desde que llegue al resultado y con procedimientos correctos esta sería la manera. Por esa razón es que yo les doy una secuencia de pasos en forma de sugerencia que aún tienen algunas dificultades de saber por dónde empezar. Para darles como un camino, como un inicio, un principio como para que no estén tan perdidos” (Angela, Entrevista de autoconfrontación).

En consecuencia, usó el programa de la asignatura como un filtro a través del cual tomó decisiones sobre la importancia de varios temas relativos al plan de estudios como un todo en el diseño, promulgación y actualización de su enseñanza. En general, el caso de la profesora Angela indicó que saber qué es el plan de estudios coincide con saber cómo enseñar con él, así como se presenta en la siguiente evidencia:

“Una sugerencia que nos hacen desde la Facultad de Ingeniería, y que la verdad yo no cumplo, es que los profesores realicemos una tutoría y no una clase, pero el hecho de crearles a los estudiantes esa cultura de que tienen que traer estudiado el tema para mí ha sido muy complicado -hasta en la modalidad virtual-. Entonces es muy difícil para mí no darles la explicación del tema, porque yo pienso que también se pierde la esencia del docente, para mí, la labor fundamental en este caso es

poder ser el canal e interpretación del contenido disciplinar, o sea, yo poderles hacer una transposición didáctica del contenido del libro para que ellos puedan entender porque muchas veces los libros de matemáticas siempre presentan ejemplos y los estudiantes no saben qué pasó de un paso al otro”(Angela, Entrevista semiestructurada).

El CC permite a la profesora diferenciar entre grandes ideas y hechos triviales en relación con el currículo, lo que la lleva a modificar las actividades incluidas en los materiales de referencia y eliminar aquellas que juzgaba secundarias para la comprensión de las grandes ideas (Friedrichsen et al., 2009; Geddis, Onslow, Beynon & Oesch, 1993). En este sentido, la estrecha conexión entre CC y CEE parece razonable.

CCtx no presenta conexiones con los demás componentes

En el mapa del PCK de la profesora se ve con claridad que el conocimiento de la contextualización del contenido no se relaciona con ninguno de los demás componentes de su PCK. La profesora responde que sí lo tiene en cuenta: *“Cuando trato de relacionarlos con otras situaciones y explicarles la utilidad que este tema tendrá. Además de los procesos de abstracción y asimilación que trato de lograr en el desarrollo de la clase”* (Angela, ReCo). Sin embargo, al observar sus clases no se encuentran evidencias que respalden esta respuesta, por lo que no se tuvo en cuenta al momento de establecer las relaciones con los componentes.

OEC didáctica al relacionarse con CCE inhibe otras relaciones

Si bien la conexión entre CCE y CEE fue la más fuerte en el mapa del PCK, la profesora establece una relación débil entre la orientación hacia la enseñanza de la ciencia (OEC) y CCE. Este reconocimiento condujo a un análisis en profundidad de los datos recopilados utilizando el método de comparación constante (Strauss & Corbin, 1990) para desarrollar una comprensión más rica y completa de la interacción entre los componentes del PCK en su mapa. Como resultado, se supo que su OEC regulaba moderadamente CCE e impedía la conexión de OEC con otros componentes, especialmente con CEE, difiriendo principalmente de los hallazgos reportados por Park y Chen (2012), y Aydin y Boz (2013).

La orientación hacia la enseñanza de la ciencia (OEC) se refiere según Magnusson, Krajcik y Borko (1999): “a la forma de cómo el profesor percibe y conceptualiza la enseñanza de la ciencia” (p.97). La OEC consta de tres dimensiones: las creencias de los profesores sobre los objetivos de la enseñanza de la ciencia, las creencias sobre la naturaleza de la ciencia y las creencias sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (Friedrichsen, Van Driel & Abell, 2011). Cuando Friedrichsen (2002) empleó dos categorías principales de orientaciones de enseñanza de ciencias (es decir, (a) orientaciones centradas en el docente y (b) orientaciones basadas en esfuerzos de reforma y proyectos de currículo asociados) para identificar la orientación de cada docente, en el caso de Angela la orientación se inclinaba más hacia el ítem (a), es decir, centrada en el docente.

En particular, entre las cinco orientaciones clasificadas por Padilla y Van Driel (2011), Angela tuvo una fuerte orientación didáctica. La principal meta de enseñanza de la ciencia para Angela lo expresa seguidamente: "*Lo que necesito es que manejen las propiedades y no sólo para casos particulares, sino que puedan generalizar a expresiones algebraicas y otras situaciones que estén un nivel avanzado, por su formación como ingenieros*" (Angela, ReCo). Para lograr este objetivo, presentó información principalmente a través de explicaciones magistrales y preguntas como se evidencia en su declaración,

“Digamos que, a partir de mi experiencia, a partir de lo que yo he recogido, a partir de lo que he construido conceptualmente, les doy como una secuencia de pasos, como una secuencia que ellos deberían seguir, más no los obligo a que la usen, porque eso sería como castrar el pensamiento, decir así usted lo tiene que hacer y así es. No, desde que llegue al resultado y con procedimientos correctos esta sería la manera. Por esa razón es que yo les doy una secuencia de pasos en forma de sugerencia que aún tienen algunas dificultades de saber por dónde empezar” (Angela, entrevista de autoconfrontación).

Lo anterior implica, que los estudiantes verifican los conceptos de ciencia enseñados a través de explicaciones magistrales y reguladas por medio de preguntas, con el fin de “demostrar la relación entre conceptos” (Magnusson et al., 1999, p.101). De esta forma, cuando los estudiantes realizaban un ejercicio, por lo general proporcionaba un conjunto de elementos que tenían que seguir.

Parecía que su preferencia por los enfoques de enseñanza didáctica estaba estrechamente relacionada con su visión de los estudiantes y su aprendizaje. Si sus estudiantes parecen tener conceptos erróneos, esto se debe a que sus bases en el colegio no son adecuadas, o bien se olvidan del contenido que aprendieron anteriormente o bien no están expuestos a ese material de contenido. Ella lo manifiesta así,

“Los estudiantes, lamentablemente este es un curso de álgebra, pero yo tengo que partir de un supuesto: ellos ya manejan un conjunto de temas anteriormente. Entonces, ¿qué ocurre? estudiantes que tienen las dificultades en un curso de álgebra de hacer una suma de fraccionarios, por ejemplo. Entonces cuando yo noto esas dificultades yo no puedo continuar la clase (pues yo si podría) pero como que a mí la decencia docente me dice tienes que parar y volver a explicar” (Angela, entrevista de autoconfrontación).

Esta perspectiva parece lógicamente consistente con sus creencias sobre la regulación de los aprendizajes, ya que tiene como referencia a los estudiantes, con el fin de que reciban de forma correcta de la información.

Tomados estos resultados en conjunto, relacionan la orientación didáctica a la enseñanza de la ciencia, la cual formó directamente su enfoque de enseñanza de una manera congruente con esta orientación. El vínculo entre OEC y CCE dio como resultado menos espacio para que los otros componentes influyan en sus decisiones sobre estrategias de enseñanza. En particular, su conocimiento sobre los errores conceptuales de los estudiantes logró establecer la conexión entre el conocimiento de comprensión de los estudiantes (CCE) y el conocimiento de estrategias de enseñanza (CEE), que fue significativo en el Mapa del PCK.

Finalmente, el caso de la profesora Angela tiene diferentes implicaciones, que se pueden puntualizar como sigue. En primer lugar, se observa que los componentes del PCK que establecen más relaciones son el conocimiento de las estrategias de enseñanza y el conocimiento de la comprensión de los estudiantes (CEE → CCE). En segundo lugar, con respecto a los elementos del andamiaje, la mayoría de las relaciones subyacen en el elemento de contingencia. En tercer lugar, los componentes con más relaciones (CEE → CCE) presentan elementos de desvanecimiento y transferencia de responsabilidad en 2 de los 9 episodios, ya que dentro de las estrategias de enseñanza que la profesora

promueve se centran en la autonomía de los estudiantes para su comprensión. En este sentido en particular, estos elementos de andamiaje generados por la profesora como acción consciente de su acción docente e intencionalidad pedagógica, permite que esta relación entre los componentes del PCK esté mediada por el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad, no obstante la contingencia es el elemento principal en la configuración de las relaciones establecida en su PCK.

5.2.2 El caso del profesor Sergio

Mapeo y caracterización del PCK

En primer lugar, es relevante hacer una precisión con respecto a la configuración del grupo de clase donde se realizó el presente estudio de caso, el cual se muestra en la tabla 23.

Tabla 23.

Configuración de grupo de clase del profesor Sergio

Semestre	Carrera	Asignatura	Tópico	Número de estudiantes	Rango de edades de estudiantes	Horario de clase
Tercero	Licenciatura ^a	Sistemas Químicos III	Reacciones ácido - base	22	18-22	8:00-10:00

^a Ciencias Naturales y Educación Ambiental.

Según el análisis de datos para el caso del profesor Sergio, se obtiene la relación de los componentes que se muestra en el mapa del PCK de la figura 17.

En la figura 17 se muestran las relaciones entre componentes del PCK, la frecuencia de cada conexión también indica la intensidad, así que la frecuencia es más alta, y consecuentemente más fuerte.

En total se estudiaron 14 episodios donde se observaron elementos del PCK, encontrando las siguientes frecuencias de las relaciones que establece un componente con otros, las cuales se muestran en el mapa del profesor: la orientación de la enseñanza (25%), el conocimiento de la comprensión de los estudiantes (26%), el conocimiento de la evaluación (11.5%), el conocimiento de las estrategias (20%), conocimiento del currículo (17.5%) y el conocimiento de la contextualización del contenido (0%).

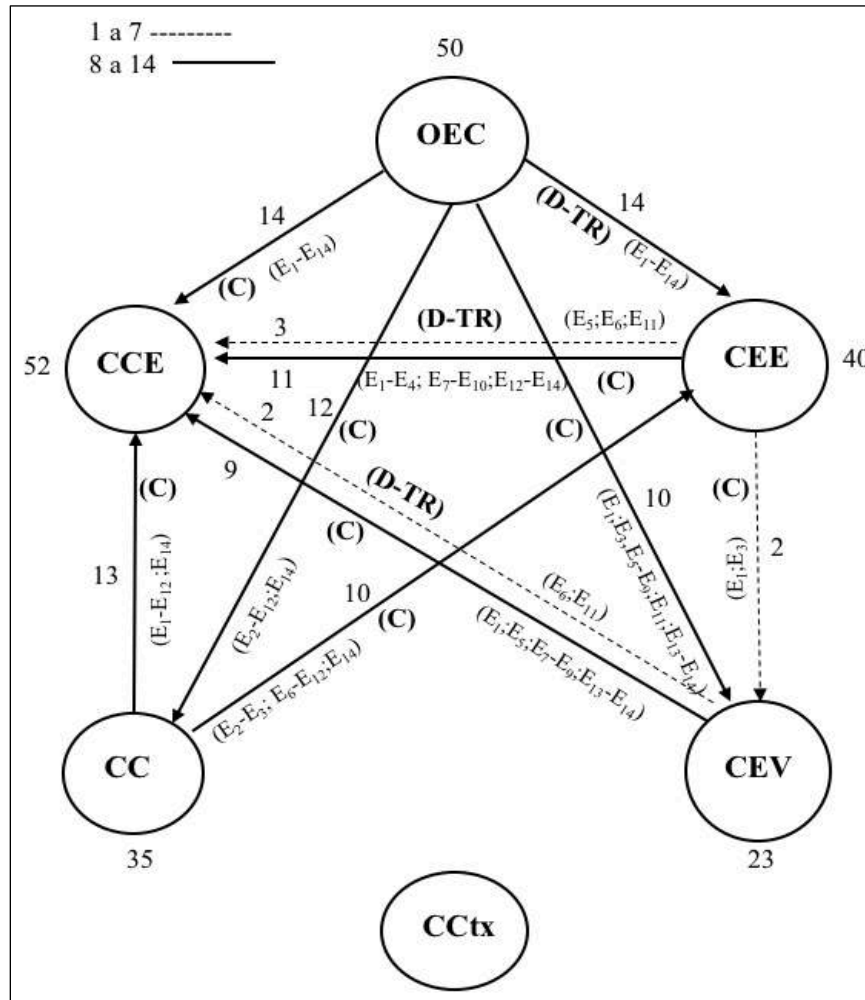


Figura 17. Mapa del PCK del profesor Sergio para los episodios de reacciones ácido-base. La punta de flecha indica la direccionalidad de la conexión, la cual se basa en la intencionalidad que tiene el profesor en establecer la relación correspondiente. E_n corresponde al episodio seleccionado que relaciona las interacciones entre los diferentes componentes. En círculos están señalados los respectivos componentes del PCK.

Los anteriores datos se obtienen a partir del total de relaciones establecidas en el mapa, las cuales corresponden a 200; así, por ejemplo, si queremos conocer con qué frecuencia se establecen las relaciones con el componente “orientación de la enseñanza de las ciencias” efectuamos la relación que se muestra en la ecuación (2)

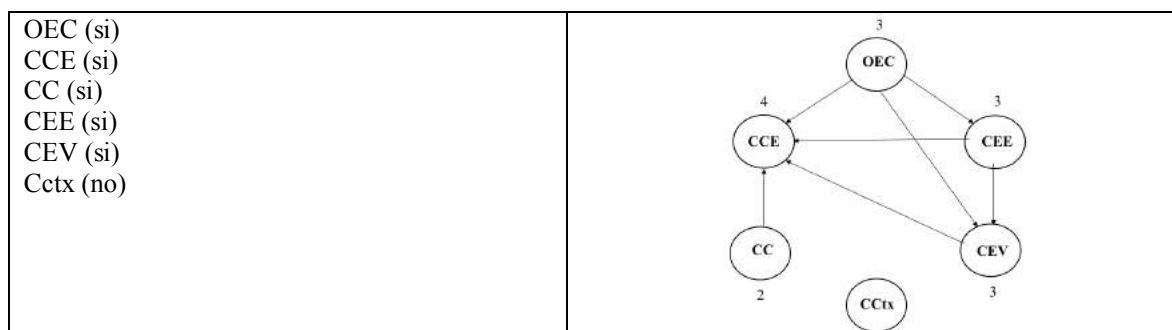
$$\frac{50 \text{ relaciones } OEC}{200 \text{ relaciones } \text{ totales}} \times 100 = 25\%. \quad (2)$$

De esta forma, es posible obtener los valores correspondientes que se relacionan con anterioridad para cada uno de los componentes. Así, es relevante aclarar cómo se han llegado a establecer las frecuencias a partir de las fuentes de información para configurar el mapa mostrado en la figura 17. A continuación se muestra a modo de ejemplo en la Tabla 24

Tabla 24

Ejemplo de análisis de profundidad para establecer el mapa de PCK del profesor Sergio

Descripción del episodio #1	
<p>Profesor: me hace el favor y me lee ese pedacito (<i>el profesor indica al estudiante que realice una lectura de una diapositiva que lleva a clase</i>).</p> <p>Estudiante 1: en 1923 Brönsted en Dinamarca y Lowry en Inglaterra propusieron, de manera independiente, una teoría, particularmente útil para la química analítica sobre el comportamiento ácido-base.</p> <p>Profesor: listo. En ese año estos dos señores publicaron una teoría sobre ácidos y bases. A partir de eso, nació una teoría muy interesante llamada teoría Bronsted-Lowry para explicar el comportamiento de los ácidos y las bases. Entonces, ahora miremos qué es un ácido y qué es una base. Por favor, me colaboras (<i>el profesor una vez más indica a un estudiante que realice una lectura de una diapositiva que lleva a clase</i>).</p> <p>Estudiante 2: de acuerdo con la teoría de Bronsted-Lowry, un <u>ácido</u> es un donador de protones, mientras que una base es un aceptor de protones.</p> <p>Profesor: eso significa que toda sustancia que done protones se considerará un ácido y una que acepte protones se considerará una base. ¿Listo muchachos? Por favor, continúas con la lectura.</p> <p>Estudiante 2: para que una molécula se comporte como un ácido, debe encontrarse con un aceptor de protones, es decir, una base.</p> <p>Profesor: listo muchachos. ¿Es claro cierto? ¿Todos entendieron esa definición? Está súper fácil. Bueno, de la misma manera, una molécula que pueda aceptar un protón se comporta como base si se encuentra con un ácido.</p>	
Evidencia de la presencia de componentes del PCK en el episodio	
<p>Profesor: me hace el favor y me lee ese pedacito (<i>el profesor indica al estudiante que realice una lectura de una diapositiva que lleva a clase</i>). (OEC ; CEE)</p> <p>Estudiante 1: en 1923 Bronsted en Dinamarca y Lowry en Inglaterra propusieron de manera independiente una teoría, particularmente útil para la química analítica sobre el comportamiento ácido-base.</p> <p>Profesor: listo. En ese año estos dos señores publicaron una teoría sobre ácidos y bases. A partir de eso, nació una teoría muy interesante llamada teoría Bronsted-Lowry para explicar el comportamiento de los ácidos y las bases. Entonces, ahora miremos qué es un ácido y qué es una base (CC ; CEV). Por favor, me colaboras (<i>el profesor una vez más indica a un estudiante que realice una lectura de una diapositiva que lleva a clase</i>). (OEC ; CEE)</p> <p>Estudiante 2: de acuerdo con la teoría de Bronsted-Lowry, un <u>ácido</u> es un donador de protones, mientras que una base es un aceptor de protones.</p> <p>Profesor: eso significa que toda sustancia que done protones se considerará un ácido y una que acepte protones se considerará una base (CC). ¿Listo muchachos? (CEV) Por favor, continúas con la lectura. (CEE)</p> <p>Estudiante 2: para que una molécula se comporte como un ácido, debe encontrarse con un aceptor de protones, es decir, una base.</p> <p>Profesor: listo muchachos. ¿Es claro, cierto? ¿Todos entendieron esa definición? Está súper fácil (CCE ; CEV). Bueno, de la misma manera, una molécula que pueda aceptar un protón se comporta como base si se encuentra con un ácido (CC).</p>	
Componentes integrados en el episodio	Mapa del PCK para el episodio



En esta dirección, se presenta cada uno de los componentes como sigue relacionando la descripción y el análisis con la tabla 25:

CCE: es el conocimiento preponderante del PCK del profesor, relacionándose con la mayoría de los componentes (OEC, CEE, CEV y CC). Este componente está conformado por dos conocimientos, el que posee sobre el interés de los estudiantes hacia la temática y el relacionado con las dificultades que ellos presentan en el aprendizaje de la temática (ej 1).

OEC: la orientación hacia la enseñanza de las ciencias se relaciona significativamente con los componentes CCE, CEE, CC y CEV. Esto se puede interpretar en el plano del enfoque de enseñanza del profesor ya que tiene en cuenta el currículo en su práctica, con el fin mismo de llevar los contenidos a los estudiantes y que éstos los comprendan, a partir de las estrategias de enseñanza que emplea para los estudiantes, así como la manera de evaluar, que desde su acción se realiza contingentemente (ej: 2, 3, 4, 5, 6).

CEE: para el profesor este componente constituye un medio que posibilita la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos vistos en clase, ya que se encuentra fuertemente vinculado con CCE, OEC y CC. También se establece relación con el CEV, pero débilmente (ej 7).

CC: el análisis permitió establecer que es el cuarto componente según la frecuencia de relaciones (CCE, OEC y CEE). Este conocimiento está prioritariamente en función de la comprensión de los estudiantes (13 de 35 relaciones^β), así como la orientación hacia la enseñanza de las ciencias (12 de 35 relaciones), demostrando con esto que los contenidos

^β Esto significa que de las 35 relaciones que establece el componente CC con todos los componentes, 13 corresponden a la relación particular con el componente CEE. Es decir, de los 14 episodios seleccionados para el caso, 13 establecen esta conexión, como se observa en el mapa para el profesor Sergio, lo que se genera a partir de lo mostrado en el ejemplo de la Tabla 25

hacen parte fundamental de la acción docente del profesor y que están orientados hacia sus estrategias y la comprensión de sus estudiantes (ej 8).

CEV: la evaluación para el profesor no se limita a valorar contenidos; para él éste es un componente regulador de la enseñanza y el aprendizaje, puesto que le permite detectar dificultades y plantear soluciones (ej 6).

CCtx: se observa que el PCK del profesor no está influenciado por el contexto, ya que no establece ninguna relación con los demás componentes. Aunque manifiesta la importancia del contexto, en la observación de clase no se identifica (ej 4).

Tabla 25.

Relación de componentes del PCK a partir del ReCo.

Ej.	Pregunta ReCo	Respuesta	Componentes del PCK	Relación de componentes del PCK en la práctica
1	¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas al aprendizaje de este concepto?	Que el estudiante no tenga buenas bases de matemáticas y química mínimas para el curso que le permita entender los conceptos abordados.	CCE	CCE→CC
2	¿Qué más sabes sobre esta idea que no le enseñes a tus estudiantes?	El efecto del cambio de la temperatura, sobre la constante de equilibrio. Los equilibrios en fases gaseosas. Equilibrios en soluciones no acuosas. No lo enseñé porque no está dentro del programa del curso.	OEC	OEC→CC
3	¿Por qué es importante para los estudiantes aprender este concepto?	Primero que todo es un pilar en el estudio de la química. Segundo, lo va utilizar en las siguientes asignaturas, tanto en las químicas con en las biológicas. Tercero, ayuda a interpretar fenómenos físicos y químicos como el intercambio de iones o nutrientes en la célula. Cuarto, es una herramienta fundamental para la aplicación en el análisis de suelos, su composición e interpretación. Quinto, interpreta modelos que se utilizan para visualizar reacciones, donde las va a relacionar con las constantes de equilibrio.	CC	CC→CCE
4	¿Cómo esperas que el aprendizaje de este concepto impacte en la vida cotidiana de tus estudiantes?	Como va a ser utilizado en cursos más avanzados, les hago entender esa importancia, además, utilizo ejemplos empleados en investigaciones básicas y aplicadas para que puedan ver su uso.	CCtx	<i>No hay evidencia en los episodios</i>

5	¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza de este concepto?	Una dificultad es que uso muchos ejemplos que no tienen conexión, y, al final termino confundiendo los estudiantes, y como limitación puede ser el punto que los estudiantes no tienen buenas bases, y al esforzarme tanto para explicar el concepto, tiendo a frustrarme y perder la paciencia.	OCE	OCE→CEE
6	¿Qué formas específicas utilizas para evaluar el entendimiento o confusión de los estudiantes sobre el concepto?	Utilizo mucho preguntar en clase, así los estudiantes me digan que entienden, repito la pregunta varias veces y diseñada de varias formas, también planteo ejercicios, los cuales cada estudiante lo realiza solo o con la ayuda de un compañero que va más aventajado siendo yo un apoyo continuo en la realización, y, por último paso un estudiante al tablero, así realiza el ejercicio y todos lo comparan con lo ya realizado.	CEV CCE	CEV→OEC CCE→CEV
7	¿Qué procedimientos empleas para que los estudiantes se comprometan con el concepto?	Cuando los estudiantes tienen buenas bases, solo con ejemplos son suficientes, pero, si el estudiante no tiene buenas bases, hay que usar todo el arsenal, como, analogías, metáforas, ejemplos, demostraciones, reformulaciones, presentar videos, llevar modelos moleculares a clase, etc	CEE	CEE→CCE
8	¿Qué intentas que aprendan con esta idea?	Que el estudiante estructure un modelo y luego lo aplique a situaciones reales como lo es las reacciones en el equilibrio químico.	CC	CC→CCE

De la misma forma como se analizó el caso de la profesora Angela, el presente caso del profesor Sergio proponemos los elementos del andamiaje –contingencia (C), desvanecimiento (D) y transferencia de responsabilidad (TR)–, identificados en la interacción profesor-estudiante, las cuales subyacen a las conexiones que el profesor establece. Por lo tanto, la contribución que se plantea en esta dirección, son los elementos del andamiaje que median la relación entre los componentes del PCK, como se muestran en la tabla 26.

Tabla 26.

Episodios y la relación con el elemento del andamiaje.

Ej.	Episodio	Elemento de andamiaje
1	<p>P: nosotros ya vimos que un ácido para que se comporte como tal, necesita una base. Entonces, a partir de esto, vamos a ver algo que se conoce como ácidos y bases conjugados. ¿Qué es esto? (C) Es muy sencillo. Cuando nosotros tenemos un ácido:</p> $HB \leftrightarrow H^+ + B^- \quad (1)$ <p>Esto es un ácido (el profesor señala el HB). Él se disocia y me forma un equilibrio que me produce una sustancia que tiene una carga negativa y otra que tiene una carga positiva. Eso depende del estado de oxidación. Vamos a trabajar este:</p> $H_2B \leftrightarrow 2H + B \quad (2)$ <p>¿Qué estados de oxidación tendrían estas sustancias? (C)</p> <p>E1: H: ⁺¹ B: ⁻² P: es decir:</p> $H_2B \leftrightarrow 2H^+ + B^{-2} \quad (3)$ <p>P: yo no sé qué sustancia es B, pero sí sé que H es un protón. ¿Y el protón qué carga tiene?(C)</p> <p>E1: positiva P: o sea que de una vez yo sé que queda así (haciendo referencia a la ecuación 3). Entonces, qué pasa. En este caso, ocurre esto. Pero, ¿cuál es el conjugado? Entonces, es muy sencillo, simplemente tenemos en la ecuación (1) el ácido (HB), posteriormente a este se le conoce como base conjugada (B) y el otro señor simplemente viene siendo el protón (H⁺). En la ecuación (3) tenemos que la base conjugada es (B⁻²). (C)</p>	Contingencia (C)

2	<p>P: vamos a hacer otro ejercicio. Por ejemplo, esta sustancia:</p> $NH_3 + CH_3OH \leftrightarrow (1)$ <p>Y esto me produce en el equilibrio algo muy interesante... <u>[Daniel, ¿cuál es la base y cuál es el ácido acá?</u></p> <p>Daniel (E1): el amoniaco es la base y el metanol es el ácido] (D-TR)</p> <p>P: <u>[Victor, ¿sí es verdad lo que acaba de decir Daniel?</u></p> <p>Victor (E2): Si.] (D-TR) (“sin embargo, algunos estudiantes no están en consenso, por lo que es preocupante para el profesor”)</p> <p>P: <u>[entonces, acá es cuando tenemos que analizar las sustancias con detenimiento y volver a las definiciones.] (C)</u></p> <p>Así, queda lo siguiente:</p> $NH_3 + CH_3OH \leftrightarrow NH_4^+ + CH_3O^- (2)$ <p><u>[Entonces, Wilfer ¿cuál es el ácido?</u></p> <p>Wilfer (E3): NH_4^+</p> <p>E4: CH_3O^-] (D-TR)</p> <p>P: vuelve y juega. <u>[¿Qué es un ácido de Bronsted-Lowry Vanesa?</u></p> <p>Vanesa (E4): es el aceptor de protones.] (D-TR)</p> <p>P: <u>[¿ceptor o donador? El ácido es una sustancia que tiene la capacidad de donar protones. Párenme bolas muchachos que no hemos comprendido bien el concepto de Bronsted-Lowry y necesito que esto quede claro.] (C)</u></p> <p><u>[Entonces, Vanesa, ¿qué es un ácido de Bronsted-Lowry?</u></p> <p>Vanesa (E4): es una sustancia que es capaz de ceder protones.] (D-TR)</p> <p>[P: entonces, en esa ecuación (haciendo referencia a la ecuación 2) ¿cuál es el ácido? Es decir, ¿cuál es la sustancia que tiene la capacidad de ceder protones?</p> <p>Vanesa (E4): el CH_3OH</p> <p>P: ¿por qué razón? Porque el protón se cede al amoniaco. Bueno, Angélica, ¿cuál es la base conjugada?</p> <p>Angélica (E5): el CH_3O^-</p> <p>P: Carlos, ¿está correcto lo que dice Angélica?</p> <p>Carlos (E6): si señor</p> <p>P: Manuela, ¿cuál es la base?</p> <p>Manuela (E6): NH_3] (D-TR)</p>	<p><u>Contingencia (C)</u></p> <p><u>Desvanecimiento y transferencia de responsabilidad (D-TR)</u></p>
---	--	--

3	<p>P: [¿Todos entendieron hasta aquí la teoría de Bronsted-Lowry?] (C) Listo. Veamos otro ejercicio:</p> $CH_3OH + HNO_3 \leftrightarrow \quad (3)$ <p>Aquí de entrada sabemos que el ácido es... Es: ácido nítrico P: y la base es... Es: el metanol P: y ¿qué me produce entonces si ya sabemos quién es el ácido y la base?</p> <p>Es: $CH_3OH + HNO_3 \leftrightarrow CH_3OH_2^+ + NO_3^-$ (4)</p> <p>P: Edgar, ¿cuál es el estado de oxidación del nitrógeno en NO_3^-? Edgar (E7): 3 P: [¿seguro que está bien?] (C) Edgar (E7): no perdón Profe es 6 P: [¿seguro?] (C) <i>.....("se genera una conversación entre los estudiantes, con el fin de determinar el estado de oxidación. De este modo, se escuchan murmullos de varias voces con varias opciones del número de oxidación. Entre las que más se oyen son 6 y 3").</i> P: para ti (haciendo referencia a una estudiante) ¿cuál es el estado de oxidación del nitrógeno en NO_3^-? E9: 5 P: ¿Por qué? E9: porque el estado de oxidación del oxígeno es -2 P: y, ¿entonces? E9: se multiplica el 3 por -2, dando seis negativo. Y como hay una carga negativa total, entonces, el nitrógeno debe ser 5. P: muy bien. ¡pilas pues! Sigamos. ¿Cuál es el ácido? E10: el HNO_3 P: ¿Cuál es el ácido conjugado? E11: sería el $CH_3OH_2^+$ P: muy bien. Sigamos. Víctor, ¿cuál es la base conjugada? Víctor (E2): el NO_3^- P: muy bien. Bueno. Imagínense que ustedes me han preguntado por las propiedades del agua que tiene la capacidad como el amoníaco. E12: Profesor que pena una pregunta. En la ecuación (1) $NH_3 + CH_3OH$ ¿el NH_3 puede ser el ácido y el CH_3OH la base? P: [en este caso no, porque el protón que tiene el alcohol es el que se transfiere al NH_3 que tiene un par de electrones libres. Pero sí es posible que el NH_3 sea el ácido, siempre y cuando se enfrente con una sustancia que actúe como una base. Es decir, que el NH_3 ceda uno de sus protones y la otra sustancia tenga la capacidad de aceptarlo. Y, ¿de todo esto como me doy cuenta? Con las constantes de equilibrio. Pero vamos despacio, porque eso lo vamos a ver más adelante. No vayamos tan rápido.] (C)</p>	<p>Contingencia (C)</p> <p><u>Desvanecimiento y transferencia de responsabilidad (D-TR)</u></p>
---	--	---

A continuación se relaciona la descripción de los ejemplos registrados en la tabla anterior.

C: se observa el ejemplo 1 que la enseñanza contingente ejecutada por el profesor es el elemento central del andamiaje. En este sentido, la relación que subyace entre los componentes del PCK está centrada en $OEC \rightarrow CCE$, mostrándose en el mapa de su PCK (figura 17). De igual forma, en el ejemplo 2 existen evidencias que muestran el elemento de contingencia que predomina en la acción docente del profesor Sergio, donde constantemente evalúa contingentemente, con la finalidad de identificar la apropiación conceptual por parte de los estudiantes, destacando las relaciones de los componentes $CEE \rightarrow CCE$, los cuales numéricamente se registran 11 de 14 veces en el total de relaciones que se establecen entre estos dos componentes, como se observa en el mapa del PCK. Una interpretación similar se puede realizar para el ejemplo 3 donde el profesor contingentemente regula el aprendizaje de los estudiantes, relacionando los componentes $CEV \rightarrow CCE$, ya que la pregunta es una herramienta que él usa constantemente para verificar la comprensión de los aprendizajes de los estudiantes; hallando que de los 14 episodios registrados, donde se da este vínculo, 9 subyacen en el elemento de contingencia (ver figura 17).

D y TR: la interpretación de estos dos elementos del andamiaje, se evalúa a partir del enriquecimiento topogenético de los estudiantes. Es decir, que en los ejemplos 2 y 3, el profesor realiza desvanecimiento y transfiere la responsabilidad a los estudiantes partícipes en estos episodios. De esta forma, la responsabilidad del aprendizaje se transfiere cuando los estudiantes asumen un control creciente sobre su rol como aprendices y esto es tangible cuando, por un lado responden preguntas conceptuales e intentan defender sus posturas, y por otro, cuando explican cómo se realizan los ejercicios. Lo anterior es evidencia de un enriquecimiento topogenético epistémico, ya que está relacionado con el saber (significados institucionalizados). Según los fragmentos de los episodios seleccionados, se tienen en cuenta momentos en los cuales se ponen en juego elementos conceptuales y argumentativos por parte de los estudiantes que están explicando una vez el profesor hace desvanecimiento y a su vez transferencia de responsabilidad.

De esta forma, según el ejemplo 2, estos elementos subyacen al vínculo entre los componentes $CEE \rightarrow CCE$ del PCK del profesor, registrándose 3 de 14 relaciones. Mientras que, en el ejemplo 3, estos elementos subyacen al vínculo entre los componentes

CEV→CCE del PCK, registrándose 2 de 14 relaciones, como se muestra en el mapa para el profesor Sergio (ver figura 17).

De manera general, teniendo en cuenta los anteriores resultados, podemos afirmar, como en el caso de la profesora Angela, que la interacción entre procesos didácticos, se puede ilustrar pensando en el profesor que observa que su estudiante es capaz de comprender un concepto o fenómeno natural porque utiliza adecuadamente el modelo teórico correspondiente; en este caso se puede asumir que el rol del estudiante ha cambiado (topogénesis).

Desde esta mirada que surge en la escuela francófona, estamos de acuerdo con Chevallard (1991), Mercier y Schubauer-Leoni (2000), así como con Sensevy (1998), en que la observación de los comportamientos o las acciones que los estudiantes adoptan durante la tarea didáctica, es una indicación del tipo de relación con el saber o con las actividades de aprendizaje que se han logrado establecer o que se están construyendo. Desde el punto de vista de la topogénesis, el estudio in situ de las interacciones didácticas lleva a evaluar la actividad compartida por el profesor y el estudiante, centrándonos principalmente en la acción del estudiante. Así, es posible establecer la relación entre los elementos del andamiaje de desvanecimiento y transferencia de responsabilidad con el enriquecimiento topogenético como factor que posibilita evidenciar cuándo se llevan a cabo estos elementos.

De acuerdo a lo anterior, se puede establecer que una acción docente centrada en el estudiante, en la promoción de procesos interrelacionales (diálogos, argumentos), involucra por parte de los profesores un compromiso primordial en el desvanecimiento y transferencia de responsabilidad, elementos enfocados al cambio topogenético del estudiante. Es precisamente esa acción del saber la que es necesario describir, para comprender cómo ocurre la enseñanza y el aprendizaje y considerar las relaciones que se establecen entre los diferentes componentes del PCK.

Componentes del PCK y sus relaciones

Nuestro análisis del mapa del PCK del profesor Sergio y los patrones que surgieron a través del método de comparación constante indicaron las siguientes características sobresalientes de la integración de los componentes del PCK: (a) la integración de los componentes fue

idiosincrásica y específica del tópico; (b) el conocimiento de la comprensión del estudiante (CCE) y el conocimiento de estrategias de enseñanza (CEE) fueron centrales en la integración; (c) la orientación hacia la enseñanza de la ciencia (OEC) se configura como elemento clave y se clasifica como didáctica; (d) el conocimiento de la evaluación (CEV) tenía la conexión más limitada con otros componentes; (e) el conocimiento del currículo (CC) se relacionó con más frecuencia con CEE, OEC y CCE que el CEV; (f) la contextualización del contenido no presenta conexiones con los demás componentes.

La integración de los componentes fue idiosincrásica y específica del tópico

Al igual que la profesora Angela, se encuentra que el PCK del profesor Sergio es de naturaleza idiosincrásico y específico del tema, lo que ha sido defendido conceptualmente y/o empíricamente por muchos investigadores (Loughran, Mulhall, & Berry, 2008; Park & Oliver, 2008a; Padilla & Van Driel, 2011; Park & Chen, 2012). En consonancia con Aydin y Boz (2013), nuestros hallazgos sugieren, sin embargo, que esas características no sólo se derivan de diferentes componentes de PCK involucrados en un episodio de enseñanza, sino también de diferentes dinámicas de integración entre los componentes.

CCE y CEE fueron centrales en la integración

Coincidimos con investigaciones recientes (Park & Chen, 2012; Aydin & Boz, 2013; Ravanal & López-Cortés, 2016) en que la relación entre los componentes del conocimiento de la comprensión de los estudiantes (CCE) y el conocimiento de las estrategias de enseñanza (CEE), son centrales en el mapa del PCK, como lo es para el caso de la profesora Angela, mostrando con esto que son los componentes que más se relacionan entre sí y que el CCE es el que más se relaciona con otros componentes. Esto implica que la comprensión de los profesores sobre la comprensión de los estudiantes (CCE) y las correspondientes estrategias de enseñanza (CEE) guiaron principalmente a otros componentes a la incorporación para configurar su mapa de PCK. Como afirman Park y Chen (2012), dado que los profesores deberían saber lo que los estudiantes ya saben y lo que probablemente les dificulte aprender un tema en particular a fin de generar estrategias

de enseñanza apropiadas, la fuerte conexión entre CCE y CEE parece natural y razonable. Esta relación aparece en la acción docente del profesor, por ejemplo, cuando se hace una explicación en clase de un ejercicio específico, Sergio se da cuenta de algunas dificultades conceptuales que poseen los estudiantes. Él plantea: *“en realidad trato de identificar cuáles estudiantes presentan algún tipo de deficiencias y malos hábitos de estudio. Entonces, la estudiante en particular, había notado que tenía algún tipo de dificultad. Entonces, cada vez que se presentaba la oportunidad de reforzar la explicación de conceptos y solución de problemas como se observa en este episodio”* (Sergio, entrevista de autoconfrontación). A partir de esta comprensión de las dificultades que puedan tener los estudiantes, propone: *“Utilizo mucho preguntar en clase, así los estudiantes me digan que entienden, repito la pregunta varias veces y diseñada de varias formas, también planteo ejercicios, los cuales cada estudiante los realiza solo o con la ayuda de un compañero que va más aventajado siendo yo un apoyo continuo en la realización, y, por último paso un estudiante al tablero, así realiza el ejercicio y todos lo comparan con lo ya realizado”* (Sergio, ReCo).

De esta forma, el mapa del profesor Sergio deja ver que en los 14 episodios grabados, existe relación entre estos componentes, lo que permite interpretar que el profesor le preocupa más allá de la identificación de las dificultades de aprendizaje que tienen los estudiantes, adaptar sus estrategias de enseñanza para satisfacer las necesidades de aprendizaje de los estudiantes o para confrontar sus errores conceptuales.

OEC se configura como elemento clave del PCK y se clasifica como didáctica

Si bien la conexión entre CCE y CEE fue la más fuerte en el mapa del PCK, el profesor establece relaciones fuertes entre la orientación hacia la enseñanza de la ciencia (OEC) y CCE y OEC y CEE. Este reconocimiento condujo a un análisis en profundidad de los datos recopilados utilizando el método de comparación constante (Strauss y Corbin, 1990) para desarrollar una comprensión completa de la interacción entre los componentes de PCK en su mapa. Como resultado, se supo que su OEC regulaba significativamente los demás componentes de su PCK, a excepción del CCTx.

Lo anterior está de acuerdo con los hallazgos que ha reportado la literatura en los siguientes puntos: (i) la orientación determina qué enseñar (Padilla, Ponce-de-Leon,

Rembado y Garritz, 2008); (ii) hay coherencia entre la orientación y el conocimiento de la estrategia de enseñanza (Henze et al., 2008; Padilla y van Driel, 2011); (iii) la orientación está vinculada al conocimiento del estudiante (Aydin et al., 2015; Padilla y van Driel, 2011); (iv) la orientación didáctica influye en la selección de actividades por parte de los docentes para remediar los conceptos erróneos de los estudiantes (Aydin et al., 2013). Así mismo, difiere con el hallazgo evidenciado por Park y Chen (2012), quienes plantean que la orientación didáctica inhibe la interacción entre la estrategia de enseñanza y otros componentes de PCK, lo que en el mapa del profesor Sergio es contrario a este planteamiento.

Los estudios antes mencionados sobre la interacción entre componentes de PCK conceptualizan la orientación como “*creencias sobre los objetivos y propósitos de la enseñanza de la ciencia*” (Aydin et al., 2013; Padilla y Van Driel, 2011) e interpretan sólo cómo esta dimensión de orientación influye en otros componentes de PCK.

En particular, entre las cinco orientaciones clasificadas por Padilla y Van Driel (2011), Sergio tuvo una fuerte orientación didáctica. La principal meta de Sergio para la enseñanza de la ciencia era “*que el estudiante estructure un modelo y luego lo aplique a situaciones reales como lo es las reacciones en el equilibrio químico*” (Sergio, ReCo). Para lograr este objetivo, presentó información principalmente a través de explicaciones magistrales y preguntas como se evidencia en su declaración,

“por la experiencia que tengo cuando uno de docente solamente se dedica a dar la clase, haciendo una clase magistral y simplemente evaluar, las clases se vuelven muy aburridas. Entonces he preferido tener esa interacción con los estudiantes y preguntar mucho. En realidad, me caracterizo por hacer muchas preguntas en clase. Además, esta interacción permite que los estudiantes no se me pierdan para que no se me distraigan y aparte de eso para mantenerlos conectados para que él vaya perdiendo el miedo a hablar en público. Siempre lo hago con esa intención. La idea mía tampoco es corchar a los estudiantes. La idea es que si un estudiante no sabe yo le traslado la pregunta a otro y así nos vamos rotando las preguntas. Entonces, últimamente, he intensificado las preguntas en clase hace aproximadamente 3 o 4 años y creo que he tenido una buena respuesta de los

estudiantes. De esta forma, los estudiantes están activos en clase y en las explicaciones” (Sergio, entrevista de autoconfrontación).

Lo anterior implica, que los estudiantes constataron los conceptos de ciencia enseñados a través de explicaciones magistrales y reguladas por medio de preguntas, con el fin de “demostrar la relación entre conceptos” (Magnusson et al., 1999, p.101). De esta forma, cuando los estudiantes realizaban un ejercicio, por lo general proporcionaba un conjunto de elementos que tenían que seguir.

Parecía que su preferencia por los enfoques de enseñanza didáctica estaba estrechamente relacionada con su visión de los estudiantes y su aprendizaje. Para él es importante que los estudiantes superen los errores conceptuales, específicamente en matemáticas y química, con el fin de que comprendan el tema. En esta dirección, la interacción profesor-estudiante es fundamental para lograr este objetivo, particularmente al transferir la responsabilidad del aprendizaje al estudiante. El lo plantea así,

“esta transferencia de responsabilidad la utilizo bastante para que los estudiantes compartan sus conocimientos unos con otros. Así es importante indagando entre los compañeros con el fin de que ellos participen en la clase, ya sea aportando información que se está viendo en clase o si algún estudiante maneja el tema con aportes directamente a la clase. Esta forma es de vital importancia para la formación como profesores en ciencias naturales. Creo que la participación de los profesores en formación, así como estar abiertos al diálogo entre compañeros, para mí es demasiado importante.” (Sergio, ReCo)

Esta perspectiva parece lógicamente consistente con sus creencias sobre la regulación de los aprendizajes hasta que sus estudiantes hayan recibido de forma correcta la información. Tomados estos resultados en conjunto, relacionan la orientación didáctica a la enseñanza de la ciencia, la cual formó directamente su enfoque de enseñanza de una manera congruente con esta orientación. El vínculo fuerte entre OEC con el CCE, así como con el CEE, dio como resultado mayor posibilidad para que los otros componentes influyan en sus decisiones sobre su conocimiento curricular y evaluativo, al tenerlos presentes en la configuración del conocimiento de la comprensión de los estudiantes. En particular, su conocimiento sobre los errores conceptuales de los estudiantes logró establecer la conexión entre el conocimiento de comprensión de los estudiantes (CCE) y el conocimiento de

estrategias de enseñanza (CEE), que fue significativo en el mapa del PCK, aunque reveló en cierta medida sus emociones, como lo propone:

“Una dificultad es que uso muchos ejemplos que no tienen conexión, y, al final termino confundiendo los estudiantes, y como limitación puede ser el punto que los estudiantes no tienen buenas bases, y al esforzarme tanto para explicar el concepto, tiendo a frustrarme y perder la paciencia” (Sergio, ReCo).

Un hallazgo relevante en esta dirección, es el reportado por Demirdögen (2016), quien encontró en su investigación, que la orientación de la enseñanza de las ciencias se relacionó con el conocimiento curricular en términos de objetivos, uso de estrategias de enseñanza específicas del tema (conocimiento de la estrategia educativa) y conocimiento de evaluación, especialmente en términos de qué evaluar; lo que está en consonancia con los hallazgos del caso del profesor Sergio.

CEV presentó la conexión más limitada con otros componentes

El mapa del PCK del profesor Sergio al igual que el de la profesora Angela muestra que CEV es el componente que menos se relaciona con los demás componentes. Este componente consiste en el conocimiento de las dimensiones del aprendizaje de la ciencia que son importantes para evaluar dentro de una unidad de estudio particular y el conocimiento de los métodos mediante los cuales se puede evaluar ese aprendizaje (Tamir, 1988). El conocimiento de los maestros sobre los métodos de evaluación incluye el conocimiento de instrumentos específicos, enfoques o actividades que pueden usarse durante una unidad de estudio particular para evaluar dimensiones importantes del aprendizaje de la ciencia (Magnusson et al., 1999).

El profesor frecuentemente aplicaba diferentes tipos de preguntas para diagnosticar el nivel de comprensión de los estudiantes del concepto que se enseña y, además, para adaptar su enseñanza. En consecuencia, el conocimiento de la evaluación (CEV) del profesor hacía conexiones con CCE. Por ejemplo, Sergio tendía a hacer una serie de preguntas relacionadas con un concepto particular en el transcurso de cada clase. El creía que antes de enseñar y durante la enseñanza de un concepto, debería descubrir el nivel de comprensión de los estudiantes sobre el concepto y que una forma efectiva de evaluar su comprensión

actual es hacer preguntas. El plantea: “*en este sentido yo estoy incentivando al estudiante a que cada vez que venga a clase me estudie. Entonces, él viene mejor preparado. Él dice [el estudiante]: “el profesor pregunta entonces debo ir preparado a la clase”.* En segundo lugar, la parte de comunicación entre estudiantes y el docente es primordial. Hacer preguntas para mí es clave en la formación de un profesor en ciencias naturales.” (Sergio, entrevista de autoconfrontación).

Este ejemplo es relevante ya que se destaca que el conocimiento del profesor sobre la evaluación contingente, le permitió evaluar el nivel de sus estudiantes para aprender un concepto particular a través del cual mejoró aún más su conocimiento de la comprensión del estudiante (CCE). Con el nuevo conocimiento de la comprensión del estudiante extraído de este tipo de evaluación, el profesor planteó nuevos enfoques para mejorar la comprensión de los estudiantes a través de los cuales amplió su repertorio de estrategias de enseñanza, como por ejemplo integrar los elementos del andamiaje de desvanecimiento y transferencia de responsabilidad, como se ve en su mapa del PCK.

CC se relacionó con más frecuencia con CCE, OEC y CEE que con CEV

El mapa del PCK indicó que las relaciones establecidas por el profesor Sergio con respecto al conocimiento del currículo (CC) están vinculadas al conocimiento de la comprensión de los estudiantes (CCE) 13 de 35 relaciones, 12 de 35 relaciones con la orientación de la enseñanza de las ciencias (OEC), mientras que con el conocimiento de las estrategias de enseñanza (CEE) 10 de 35 relaciones.

El análisis de datos utilizando el método comparativo constante reveló que el conocimiento del profesor sobre el plan de estudios, para los temas enseñados durante el semestre y particularmente, para la secuencia filmada, se integró al PCK significativamente, influyendo en sus decisiones de enseñanza. Por ejemplo, Sergio con regularidad exhibía su conocimiento del programa y las pautas curriculares, gracias a su experiencia orientando la asignatura (7 años), y esto se evidencia porque hace uso de este conocimiento como un referente para descubrir cómo construir una lección que apoye mejor el aprendizaje de los estudiantes. En consecuencia, usó el programa de la asignatura como un filtro a través del cual tomó decisiones sobre la importancia de varios temas

relativos al plan de estudios como un conjunto de elementos que convergen en el diseño y actualización de su enseñanza. De igual manera que la profesora Angela, el caso del profesor Sergio indicó que saber cómo está organizado el programa de la asignatura y específicamente el tema de reacciones ácido-base y saber cómo enseñar con él le proporciona conocimientos para orientar el contenido, como el lo puntualiza:

“Primero que todo es un pilar en el estudio de la química. Segundo, lo va utilizar en las siguientes asignaturas, tanto en las químicas como en las biológicas. Tercero, ayuda a interpretar fenómenos físicos y químicos como el intercambio de iones o nutrientes en la célula. Cuarto, es una herramienta fundamental para la aplicación en el análisis de suelos, su composición e interpretación. Quinto, interpreta modelos que se utilizan para visualizar reacciones, donde las va a relacionar con las constantes de equilibrio” (Sergio, ReCo).

Teniendo en cuenta lo que plantean Friedrichsen et al., (2009) el CC permite al profesor diferenciar entre grandes ideas y hechos triviales en relación con el currículo, lo que lo lleva a modificar las actividades incluidas en los materiales de referencia y eliminar aquellas que juzgaba secundarias para la comprensión de las grandes ideas, como lo plantea específicamente el profesor Sergio: *“Que el estudiante estructure un modelo y luego lo aplique a situaciones reales como lo es las reacciones en el equilibrio químico”* (Sergio, ReCo). En este sentido, la estrecha conexión entre CC y CEE, así como CC y CCE, parece razonable y que está definida por la OEC.

Estos resultados están en concordancia con lo encontrado por Demirdögen (2016) quién establece que: “todos los propósitos relacionados con la enseñanza del contenido de ciencias (es decir, la explicación correcta y una base sólida) interactúan con los demás componentes de PCK” (p.14). En su estudio, los participantes, que se centraron en los objetivos del plan de estudios y consideraron las relaciones horizontales y verticales a través de los grados y temas, fueron conscientes de las dificultades y errores conceptuales que los estudiantes podrían tener. Usaron una estrategia de enseñanza útil para evaluar lo que planeaban enseñar, y abordar las dificultades.

CCtx no presenta conexiones con los demás componentes

En el mapa del PCK del profesor se ve con claridad que el conocimiento de la contextualización del contenido no se relaciona con ninguno de los demás componentes de

su PCK. El profesor responde que sí lo tiene en cuenta: “*Como va a ser utilizado en cursos más avanzados, les hago entender esa importancia, además, utilizo ejemplos empleados en investigaciones básicas y aplicadas para que puedan ver su uso.*” (Sergio, ReCo). Sin embargo, al observar sus clases no se encuentran evidencias que respalden esta respuesta, por lo que no se tuvo en cuenta al momento de establecer las relaciones con los demás componentes de su PCK.

Por último, el caso del profesor Sergio tiene diferentes implicaciones, que se pueden sintetizar como sigue. En primer lugar, se observa que los componentes del PCK que establecen más relaciones son el conocimiento de las estrategias de enseñanza y el conocimiento de la comprensión de los estudiantes (CEE→CCE). En segundo lugar, la OEC es un componente fundamental en el PCK del profesor, que permite configurar las relaciones con los demás componentes. En tercer lugar, con respecto a los elementos del andamiaje, la mayoría de las relaciones subyacen en el elemento de contingencia. En cuarto lugar, los componentes con más relaciones (CEE→CCE) presentan elementos de desvanecimiento y transferencia de responsabilidad en 3 de los 14 episodios, ya que dentro de las estrategias de enseñanza que el profesor genera se centra en la autonomía de los estudiantes para el mayor control sobre su aprendizaje. También, se establecen 2 de los 11 episodios de la relación de componentes (CEV→CCE), mostrando la evaluación como un mecanismo de transferir responsabilidad y generar desvanecimiento cuando se propende por la interacción professor-estudiante estudiante-estudiante para el consenso y la comprensión conceptual. En este sentido en particular, estos elementos de andamiaje, generados por el profesor en su acción docente, permiten que esta relación entre los componentes del PCK esté mediada por el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad, no obstante la contingencia es el elemento principal en todas las relaciones establecidas en la configuración de su mapa.

5.2.3 El caso del profesor Fernando

Mapeo y caracterización del PCK

En primer lugar, es relevante hacer una precisión con respecto a la configuración del grupo de clase donde se realizó el presente estudio de caso, el cual se muestra en la tabla 27.

Tabla 27.

Configuración de grupo de clase del profesor Fernando

Semestre	Carrera	Asignatura	Semestre	Tópico	Número de estudiantes	Rango de edades de estudiantes	Horario de clase
Séptimo	Licenciatura ^a	Evolución	Séptimo	Derivación génica	10	19-25	18:00-21:00

^a Ciencias Naturales y Educación Ambiental.

Según el análisis de datos para el caso del profesor Fernando, se obtiene la relación de los componentes que se muestra en el mapa del PCK de la figura 18.

En la figura 18 se muestran las relaciones entre componentes del PCK, la frecuencia de cada conexión también indica la intensidad de la conexión, así que, si la frecuencia de una conexión es más alta, la conexión es más fuerte.

En total se estudiaron 10 episodios donde se observaron dominios del PCK, encontrando las siguientes frecuencias de las relaciones que establece un componente con otros: la orientación de la enseñanza de las ciencias (17%), el conocimiento de la comprensión de los estudiantes (24%), el conocimiento de la evaluación (17.5%), el conocimiento de las estrategias de enseñanza (17.5%), conocimiento del currículo (11%) y el conocimiento de la contextualización del contenido (13%).

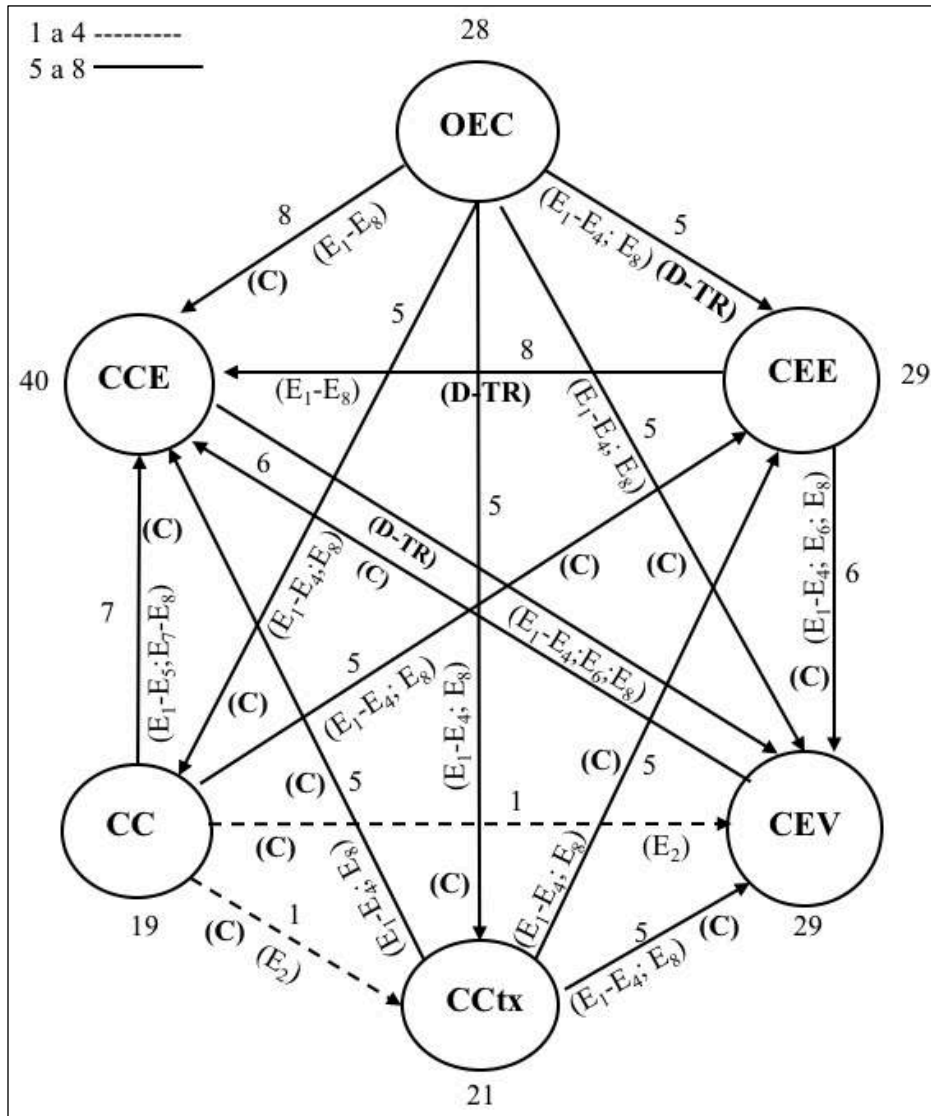


Figura 18. Mapa del PCK del profesor Fernando para los episodios de derivación genética. La punta de flecha indica la direccionalidad de la conexión, la cual se basa en la intencionalidad que tiene el profesor en establecer la relación correspondiente. E_n corresponde al episodio seleccionado que relaciona las interacciones entre los diferentes componentes. En círculos están señalados los respectivos componentes del PCK.

Los anteriores datos se obtienen a partir del total de relaciones establecidas en el mapa, las cuales corresponden a 166; así por ejemplo, si queremos conocer con qué frecuencia se establecen las relaciones con el componente “orientación de la enseñanza de las ciencias” efectuamos la relación que se muestra en la ecuación (3)

$$\frac{28 \text{ relaciones } OEC}{166 \text{ relaciones } \text{ totales}} \times 100 = 17\%. \quad (3)$$

De esta forma, es posible obtener los valores correspondientes que se relacionan con anterioridad para cada uno de los componentes. Así, es relevante aclarar cómo se han llegado a establecer las frecuencias a partir de las fuentes de información para configurar el mapa mostrado en la figura 18. A continuación se muestra a modo de ejemplo en la Tabla 28

Tabla 28

Ejemplo de análisis de profundidad para establecer el mapa de PCK del profesor Fernando

Descripción del episodio #6	
<p>Profesor: Santiago, ¿qué pasa si la mutación está en una región intrónica? Estudiante 1: la proteína podría cambiar o no ser funcional Profesor: ¿Qué dice Juan Fernando? Estudiante 2: no pasaría nada Profesor: ¡exacto!, no pasaría nada porque ella no hace parte del RNA-mensajero maduro y no afecta la zona de transcripción.</p>	
Evidencia de la presencia de componentes del PCK en el episodio	
<p>Profesor: Santiago, ¿qué pasa si la mutación está en una región intrónica? (CCE ; CEE ; CEV) Estudiante 1: la proteína podría cambiar o no ser funcional Profesor: ¿Qué dice Juan Fernando? (CCE ; CEE ; CEV) Estudiante 2: no pasaría nada Profesor: ¡exacto!, no pasaría nada porque ella no hace parte del RNA-mensajero maduro y no afecta la zona de transcripción. (OEC)</p>	
Componentes integrados en el episodio	Mapa del PCK para el episodio
<p>OEC (si) CCE (si) CC (no) CEE (si) CEV (si) Cctx (no)</p>	<pre> graph TD OEC((1)) --- CCE((3)) CCE((3)) --- CEE((2)) CCE((3)) --- CEV((2)) CEE((2)) --- CEV((2)) CC((no)) Cctx((no)) </pre>

En esta dirección, se presenta cada uno de los componentes como sigue, los cuales se relacionan con la información registrada en la tabla 29:

CCE: es el conocimiento preponderante del PCK del profesor, relacionándose con la mayoría de los componentes (CEE, CEV, OEC, Cctx y CC). En el caso del profesor, este componente está conformado por dos conocimientos, el que posee sobre el interés de los

estudiantes hacia la temática y el relacionado con las dificultades que ellos presentan en el aprendizaje de la temática (ej 1).

CEE: para el profesor este componente constituye un medio que posibilita la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos vistos en clase, ya que se encuentra fuertemente vinculado con CCE, CC, CEV, OEC y CCTx (ej 2).

CEV: la evaluación para el profesor no se limita a valorar contenidos; para él éste es un componente regulador de la enseñanza y el aprendizaje, puesto que le permite detectar dificultades y plantear soluciones (ej 3).

OEC: la orientación se relaciona significativamente con CCE y en igual proporción con los componentes de CEE, CC, CEV y CCTx. Esto se puede interpretar en el plano del enfoque de enseñanza del profesor ya que tiene en cuenta el currículo en su práctica, con el fin mismo de llevar los contenidos a los estudiantes y que éstos los comprendan, teniendo en cuenta el contexto en su acción docente, las estrategias de enseñanza que emplea para que los estudiantes comprendan, así como la manera de evaluar (ej: 4, 5, 6, 7, 8)

CCTx: se observa que el PCK del profesor está influenciado por el contexto, ya que establece relaciones con todos los componentes. El profesor manifiesta la importancia del contexto (ej: 5, 6), como un elemento fundamental de su acción docente que potencializa la comprensión de los estudiantes.

CC: el análisis permitió establecer que es el componente con menos frecuencia de relaciones (CCE, OEC, CEE y CCTx). Este conocimiento está prioritariamente en función del conocimiento de los estudiantes (7 de 17 relaciones), y por parte iguales con CCE y OEC; demostrando con esto que los contenidos hacen parte fundamental de la acción docente del profesor y que están orientados hacia sus estrategias, la contextualización del contenido y en consecuencia en la comprensión de sus estudiantes (ej: 1, 4, 5)

Tabla 29.

Relación de componentes del PCK a partir del ReCo.

Ej.	Pregunta ReCo	Respuesta	Componente del PCK	Relaciones de los componentes del PCK en la práctica
1	¿Cuáles son las dificultades y	La comprensión de la estructura química de los nucleótidos.	CC	

	limitaciones conectadas al aprendizaje de este concepto?	Rearreglos cromosómicos Impacto de las mutaciones en el fenotipo.		CC→CCE
2	¿Qué procedimientos empleas para que los estudiantes se comprometan con el concepto?	Ejemplos, analogías, demostraciones. ⁵	CEE	CEE→CCE
3	¿Qué formas específicas utilizas para evaluar el entendimiento o confusión de los estudiantes sobre el concepto?	Talleres grupales, salidas al tablero a realizar ejercicios, discusiones sobre ejemplos, y examen escrito. ⁶	CEV	CEV→CCE
4	¿Qué más sabes sobre esta idea que no le enseñes a tus estudiantes?	No es que no les enseñe algo en particular, en cada curso aparecen diferentes preguntas por parte de los estudiantes que pueden llevar a tocar diferentes tópicos alrededor de la variación genética; es más, la profundidad que le doy a ciertos temas, cuya presentación no es tan relevante para los objetivos del curso. Hay temas como la señalización y respuesta celular al daño del ADN, reparación de ADN, recombinación, reparación de roturas cromosómicas y elementos móviles.; también la	OEC	OEC→CC

⁵ Con el fin de profundizar en los medios que emplea el profesor para que los estudiantes se comprometan con el tópico, es importante tener en cuenta lo que plantea al momento de realizar los siguientes interrogantes de la entrevista de autoconfrontación:

¿Cuál es la relevancia de la interacción profesor-estudiante?

Para mí esta interacción es de alta importancia porque yo concibo ese acto educativo como una comunicación, como un acto donde debe haber un emisor un receptor y una respuesta. Yo tengo de alguna manera que enterarme, de lo que piensa el estudiante acerca del concepto, cómo lo está comprendiendo, qué dificultades tiene para llegar a hablar en algún momento el mismo idioma, tratar de percibir en él cuáles son sus expectativas en el curso hacia un dominio conceptual. También, si tiene preguntas nuevas que surgen en esta nueva presentación del concepto “recorderis” de algún concepto que no recuerda. Entonces creo que es sumamente importante esa interacción profesor estudiante, porque eso me moviliza como docente, me hace retomar algunas prácticas antiguas o descartar algunas que tenía en consideración hacer, de acuerdo al resultado de esta interacción.

⁶ ¿Cuál es la intención de la actividad de diagnóstico que se observa en este episodio?

En esta actividad diagnóstico básicamente lo que busco es establecer un nivel base a partir del cual voy a poder empezar la presentación de los conceptos y darme cuenta de algún tipo de falencia y qué tipos de conceptos acertados tienen los estudiantes sobre un elemento clave de la evolución, que es la variación génica. [Estos conceptos en teoría se supone que ya los deben manejar porque han visto el curso de genética (CC→CEV)]. Sin embargo, para mí es fundamental en estas primeras actividades darme cuenta si todavía recuerdan los conceptos, los recuerdan y los entienden. Por esta razón, siempre empiezo con este tipo de actividad. También, puede decirse que tiene un componente evaluativo, que es una evaluación transversal a lo largo del semestre. De igual manera, es una retroalimentación, que permiten orientar futuras acciones para llevar a cabo en clase.

		segregación y transferencia de genomas en bacterias y eucariotas, así como los mecanismos y consecuencias de la inestabilidad genética.		
5	¿Qué intentas que aprendan con esta idea?	Que estructuren el concepto de variabilidad genética como un eje conceptual que les permita comprender y enlazar otros conceptos de materias anteriores y darle una dimensión que les permita entender el mundo natural. Que la biodiversidad es el resultado del cambio y el éxito biológico de algunas formas genéticas resultantes del cambio, y las implicaciones que tendrá en nuestro planeta la modificación artificial de genes.	CC	OEC→CCE CC→CCE CC→CCtx
6	¿Cómo esperas que el aprendizaje de este concepto impacte en la vida cotidiana de tus estudiantes?	Que les permita interpretar cómo los cambios en el material genético en los organismos no solo tienen un impacto a nivel celular, sino a una escala mucho mayor como lo es el ecosistema. Vincular las explicaciones teóricas con eventos que son cotidianos para ellos, que puedan predecir de alguna manera las implicaciones de la variación genética en el funcionamiento de los seres vivos y el ambiente.	CCtx	OEC→CCtx CCtx→CCE
7	¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza de este concepto?	La ausencia de modelos o representaciones dinámicas para presentar algunas ideas como inserción, delección, aneuploidias, poliploidias, etc.	OCE	OCE→CEE
8	¿Qué formas específicas utilizas para evaluar el entendimiento o	Talleres grupales, salidas al tablero a realizar ejercicios, discusiones sobre ejemplos, y examen escrito. ⁷	CEV	CEV→OEC

⁷ **¿Cómo la pregunta a los estudiantes sirve para movilizar el discurso del profesor en la clase?**

La pregunta se utiliza mucho como detonante de futuras preguntas o me permite percibir en sus respuestas algunos vacíos que tengan o conceptos que tienen acertados. En la pregunta y la respuesta y tal vez una contra pregunta para mí es fundamental con el fin de mejorar esa interacción profesor estudiante que de alguna manera ellos también tengan la oportunidad de preguntarse y preguntarme con el fin de bajar la tensión que se genera ante una pregunta del profesor, que no perciban este tipo de pregunta como una indagación, que como decimos popularmente busca corchar al estudiante, sino que se sientan cómodos, digamos al generar preguntas de parte de ellos, responder las preguntas que hace el profesor con la intención directa de poder percibir si el concepto está claro, los preconceptos están bien. Por lo tanto, a este tipo de actividad no se le asigna directamente una nota de 0 a 5 si no me respondió la pregunta sino es más una conversación.

confusión de los estudiantes sobre el concepto?			
---	--	--	--

De la misma forma como se analizó el caso de la profesora Angela y el profesor Sergio, el presente caso del profesor Fernando proponemos los elementos del andamiaje – contingencia (C), desvanecimiento (D) y transferencia de responsabilidad (TR)–, identificados en la interacción profesor-estudiante, las cuales subyacen a las relaciones de los componentes que él establece en su PCK. Por lo tanto, como lo hemos propuesto anteriormente, la contribución que se plantea en esta dirección, son los elementos del andamiaje que median la relación entre los componentes del PCK, como se muestran en la tabla 30.

Tabla 30.

Episodios y la relación con el elemento del andamiaje.

Ej.	Episodio	Elemento de andamiaje
1	<p>E: profe, aquí lo que no tengo claro es cómo puedo cambiar el aminoácido</p> <p>P: tienes que fijarte que los aminoácidos que vayas a cambiar sean del mismo tipo. Es decir, que sean parecidos estructuralmente. Mira, todos estos aminoácidos son no polares (refiriéndose a la diapositiva). Por ejemplo, la Glicina es muy parecido a la Alanina. Si normalmente lo colocaste como Leucina, por ejemplo, Isoleucina es muy parecido. Esto, con el fin de que la proteína siga transcribiendo sus características, aunque sea un aminoácido diferente.</p> <p>Muchachos, para todos. Si en la mutación tenemos un aminoácido como el Triptófano, miren qué diferente es su radical en comparación con una Alanina o Glicina. Esto marca una gran diferencia en la estructura tridimensional de la proteína. Por ejemplo, si se da un polimorfismo en el que un aminoácido que cambia es Leucina por Isoleucina o Alanina por Glicina, la proteína será un poco diferente por este polimorfismo.</p> <p>-----</p> <p>P: ¡muchachos recorderis! El gen es doble hélice, ¿cierto? Porque estamos hablando de ADN. Entonces, supongamos que a partir de una de las hélices es la que va a servir de molde para hacer la transcripción. Supongamos, se genera un transcripto primario. Ese transcripto primario, según las condiciones que yo puse debe tener unas regiones intrónicas, luego se madura y se retiran esas regiones, queda con RNA-mensajero. ¿Listo? Y luego ese RNA-mensajero hace la traducción y se genera la cadena de aminoácidos que según</p>	<i>Contingencia (C)</i>

	la condición que puse eran 10. ¿Listo? Hacen la proteína normal y luego hacen la proteína con la mutación que les dije a cada uno.	
2	<p>P: bueno, la segunda pregunta. Vamos analizarla María Isabel</p> <p>E7: ¿De qué manera aparecen nuevos alelos en la población?</p> <p>P: ¿de qué manera aparecen?</p> <p>E7: estaríamos hablando que, por cambios en el ambiente, lo que produce que el organismo que vaya a mutar se vea afectado por el ambiente y así pueda subsistir.</p> <p>P: póngamelo con un ejemplo, porque está como enredado.</p> <p>E: el cambio de color de una mariposa. El caso de las fábricas en Inglaterra que hizo que las mariposas cambiaran su fenotipo para poder subsistir en este ambiente.</p> <p>P: ¡muy bien! ¿Todos conocen ese caso?</p> <p>Es: no</p> <p>P: existía una población de mariposas muy bonitas con colores específicos y vivían en un bosque muy felices. Unas eran claras y otras tenían una coloración oscura. Entonces, ahí estaba la población y la coloración clara daba una ventaja evolutiva porque sobre los arboles que ellas se posaban cierto tipo de musgo permitía el camuflaje. Entonces, las aves iban a ver más fácil, obviamente, a las oscuras. Entonces, es una presión de selección sobre ese fenotipo.</p> <p>E5: profe, entonces, por derivaje.</p> <p>P: más adelante abordaremos ese concepto. Entonces, de esa manera, las mariposas claras podían sobrevivir. De esta forma, Ana Isabel dice que los alelos aparecen por cambios en el ambiente, porque luego cerca del bosque empezó a producirse mucho hollín que cayó a los líquenes cambiando la coloración del musgo, haciéndolo oscuro y ahí la ventaja que tenían las mariposas claras se perdió. Entonces, lo que Ana Isabel propone es que las mariposas claras debido a esto cambiaron y se volvieron oscuras.</p> <p>E6: no</p> <p>P: ¿por qué no?</p> <p>E6: porque esos genes ya estaban allí, entonces, cuando hubo el cambio las negritas que ya tenían el alelo de negritas pudieron subsistir porque ahora el musgo era negro por razones del ambiente. En cambio, las blanquitas empezaron a acabarse porque ya no tenían ventaja evolutiva.</p>	Contingencia (C)

3	<p>P: ¿conocen ustedes algún agente biológico que induzca mutaciones?</p> <p>Es: sí, por ejemplo, los virus</p> <p>P: los mutágenos como las radiaciones pueden alterar el material genético formando unos dímeros o apareamientos erróneos de las bases nitrogenadas. Entonces, al formar esos dímeros se ve bloqueada la replicación y si la replicación no se da, las células no se reproducen y por eso este tipo de mutación genera muerte celular.</p> <p>Dentro de los mutágenos químicos, tenemos por ejemplo el ácido nitroso, los agentes alquilantes. Los agentes alquilantes, por ejemplo, cambian la constitución de las guaninas alterando las bases nitrogenadas y evita que se formen puentes de hidrógeno, al presentarse esta última situación la molécula se vuelve inestable y puede sufrir alteración. También están los bromuros, los cuales se meten en la cadena de ADN. (Yo les envío las diapositivas donde encontrarán información adicional).</p> <p>Estas mutaciones también se pueden clasificar dependiendo del impacto que causen al genoma. Entonces, vamos hablar de dos grandes tipos: unas mutaciones que vamos a llamar mutaciones génicas y otras las vamos a llamar mutaciones cromosómicas. Y éstas últimas vamos hablar de dos tipos: estructurales y genómicas.</p> <p>Cuando hablemos de las mutaciones génicas, nos vamos a referir a mutaciones que afectan un gen. Cuando hablemos de la cromosómica vamos hablar de mutaciones que afectan la forma o la estructura del cromosoma o el número del gen.</p> <p>Entonces, vamos hablar primero de las génicas. Entonces, hay mutaciones por sustitución de base. ¿qué quiere decir eso? Que se cambia una base por otra que no corresponda. Eso es una sustitución. Entonces, se puede sustituir una púrica por una púrica o una púrica por una pirimidica. ¿recuerdan qué es púrica y pirimidica?</p> <p>Es: corresponde al anillo que tiene esa base.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Contingencia (C)</i></p>
---	--	--

4	<p style="text-align: center;">Pregunta entrevista autoconfrontación:</p> <p>¿Cuál es el potencial de una actividad de este tipo donde al estudiante se le transfiere la responsabilidad?</p> <p><u>La idea es que me gusta mucho en mi práctica que ellos mismos de alguna manera a medida que se vaya desarrollando la actividad caigan en cuenta en qué se equivocaron. Me gusta que a partir de proporcionarles ciertos elementos, ellos mismos reconozcan lo que han elaborado está bien o no. Mi intención aquí es dar elementos, pero ellos son partícipes activos en la creación del concepto. El espacio del aula es precisamente eso, que los estudiantes tengan un espacio en la construcción orientado por el docente que en este caso soy yo, que lo único que tengo de diferente es que tengo un poco más de experiencia sobre un concepto. Es importante en estos espacios que los estudiantes no sólo aprenden del profesor sino de sus propios compañeros o de sus pares, y esa responsabilidad de asumir el riesgo sin necesidad de pensar en que voy a tener una nota mala, porque los estudiantes se cohiben cuando están pensando en la nota y cuando no es así, ellos pueden crear sus propios conceptos.</u></p>	Desvanecimiento (D) y transferencia de responsabilidad (TR)
---	--	---

5	<p>P: tratemos de sintetizar la idea para que ahora socialicemos las respuestas. Entonces iniciemos con la primera pregunta. ¿Qué sucede con las mutaciones en el genotipo y en la proteína? ¿Qué nos pueden contar al respecto? (C)</p> <p>E1: son cambios en el material genético, precisamente en la secuencia de nucleótidos y esto quiere decir que puede haber errores en los procesos de replicación y de transcripción del ADN y del ARN, respectivamente. Además, las mutaciones pueden ser puntuales, espontáneas o inducidas por distintos agentes o procesos físicos y químicos.</p> <p>P: y, ¿las proteínas qué tienen qué ver ahí?</p> <p>E1: ¿cómo así?</p> <p>P: sí, porque la pregunta radica si son cambios en el ADN o en las proteínas.</p> <p>E2: pues como el material genético antes del proceso de traducción de aminoácidos y de ahí a proteínas, luego la replicación y la transcripción, ahí en ese proceso es donde se generan los errores.</p> <p>P: ¿ahí dónde?</p> <p>E2: en la transcripción y en la replicación.</p> <p>P: entonces, el grupo 1 dice que esos errores que generan cambios, están relacionados directamente con traducción y transcripción.</p> <p>E1: no profe, replicación y transcripción.</p> <p>P: entonces, ¿en la traducción no hay errores?</p> <p>E1: sí hay errores...</p> <p>P: pero no asociados a mutación.</p> <p>Es: sí profe.</p> <p>P: entonces, para ustedes la mutación se da en la proteína o, ¿en dónde?</p> <p>E3: profe, lo que sucede es que la mutación puede ocurrir en el material genético y en las proteínas. Lo que sucede es que no todas las mutaciones se expresan en la proteína.</p> <p>P: ok. Entonces, como ya todos están como en un consenso. Se puede expresar en la proteína. Es decir, que la mutación se puede expresar en la proteína.</p>	<p>Desvanecimiento (D) y transferencia de responsabilidad (TR)</p>
---	---	--

6	<p>P: Ahora yo les pregunto: tengo material genético y se da la mutación y esa mutación hace que se genere otro aminoácido diferente, pero la proteína que se genera funciona, ¿ahí qué sucede con respecto a esa mutación?</p> <p>E2: pues creo que tiene que ver especialmente con el sitio activo de la proteína. No toda la proteína es funcional. Entonces, si el cambio en el aminoácido ocurre donde no está la función o el sitio ligado directamente ligado a la función no habrá ninguna alteración y la proteína puede seguir funcionando. Pero si el aminoácido está ligado a una parte funcional o a una parte donde se unen varias proteínas, un punto donde la proteína debe tener determinada forma para unirse a otra ahí si habrá una modificación o un cambio.</p> <p>P: por eso, pero no está afectando el funcionamiento.</p> <p>E3: entonces, ¿qué está pasando ahí?</p> <p>P: esa es mi pregunta, ¿cómo podemos definir ese tipo de mutación?</p> <p>E4: una mutación neutra</p> <p>P: ¿cómo así?</p> <p>E4: es decir, no inhibe la proteína, pero tampoco mejora su eficiencia.</p> <p>P: ¿están de acuerdo?</p> <p>Es: si</p> <p>P: bueno, cuando estábamos hablando de esa mutación y si la proteína sufre un cambio y queda defectuosa no cumple su función. Pero, si se da el cambio por otro aminoácido y también cambio de codón, pero la proteína sigue siendo funcional, eso se denomina polimorfismo. Todos aquí somos polimórficos, ¿cierto? Es decir, tenemos cambios en aminoácidos que estén involucrados en el color de los ojos y todos vemos bien, o polimorfismos para el color natural del pelo, si es liso, si es rizado. Entonces, son variantes, eso obedece a polimorfismos que se pueden presentar.</p> <p>E5: pero, entonces, eso es una mutación génica.</p> <p>P: sí claro, es una mutación.</p>	Desvanecimiento (D) y transferencia de responsabilidad (TR)
---	---	---

A continuación se relaciona la interpretación de los ejemplos registrados en la tabla anterior.

C: se observa en el primer episodio que la enseñanza contingente ejecutada por el profesor es el elemento central del andamiaje. En este sentido, la relación que subyace entre los componentes del PCK está centrada en $OEC \rightarrow CC$, mostrándose en el mapa del PCK (figura 18). De igual forma, en este mismo recuadro se registran evidencias de la relación $OEC \rightarrow CCE$ que muestran que el elemento de contingencia predomina en la acción docente del profesor Fernando, evidenciándose la evaluación en términos contingentes, con la finalidad de identificar la apropiación conceptual por parte de los estudiantes, destacando las relaciones de esos componentes, como se observa en el mapa del PCK.

Por su parte, en el segundo episodio el profesor plantea con claridad la relación entre los componentes $OEC \rightarrow CCTx$, así como $CCTx \rightarrow CCE$, mostrando con esto una diferencia

fundamental con respecto al mapa del PCK de la profesora Angela y del profesor Sergio, ya que para Fernando es significativa la contextualización del contenido en clase, según lo que manifiesta:

“...interpretar cómo los cambios en el material genético en los organismos no solo tienen un impacto a nivel celular, sino a una escala mucho mayor como lo es el ecosistema. Vincular las explicaciones teóricas con eventos que son cotidianos para ellos, que puedan predecir de alguna manera las implicaciones de la variación genética en el funcionamiento de los seres vivos y el ambiente” (Fernando, ReCo).

En este sentido, dentro de los objetivos de la enseñanza que él promueve, está el de incorporar en su acción docente el contexto como potencializador del proceso de enseñanza y aprendizaje, lo que se puede llevar a cabo debido al elemento de andamiaje de contingencia que subyace a estas relaciones, como se ve en el mapa del PCK del profesor.

En el tercer episodio, se observa que la relación de los componentes del conocimiento del currículo (CC) y el conocimiento de la comprensión de los estudiantes (CCE) están influyendo en el discurso del profesor, lo que permite identificar que esta relación está mediada por el elemento de contingencia, ya que el profesor utiliza el contenido como herramienta contingente para la explicación de la disciplina buscando la comprensión de sus estudiantes, a partir del tema de interés particular. También, se puede observar que la pregunta es una herramienta que él usa constantemente para verificar la comprensión de los aprendizajes de los estudiantes; hallando que 5 de 10 episodios registrados subyacen en el elemento de contingencia.

D y TR: en primer lugar y en contraste con la profesora Angela y el profesor Sergio, la interpretación del ejemplo 4 no se evalúa a partir del enriquecimiento topogenético del estudiante, ya que el objetivo es explicar cómo los elementos de desvanecimiento y transferencia de responsabilidad subyacen a la relación entre los componentes OEC→CEE. En este sentido, el ejemplo no muestra evidencia de un fragmento de episodio de clase, sino por el contrario, una respuesta del profesor a una pregunta de la entrevista de autoconfrontación, con la finalidad de auscultar en sus propósitos de enseñanza y el aprendizaje de la ciencia. Se observa claramente, cómo los elementos de D y TR hacen parte de su acción docente, mostrando 5 relaciones de los 10 episodios registrados. De esta forma, es posible corroborar que las relaciones entre la orientación, las estrategias y este último componente con el conocimiento de la comprensión de los estudiantes es congruente

con lo que el profesor responde en el instrumento ReCo, la observación de su práctica y la entrevista de autoconfrontación, demostrando así, que los elementos D-TR son más visibles en su práctica en contraste con Angela y Sergio, lo que puede deberse en cierta medida a la configuración del grupo donde se lleva a cabo el estudio.

Por otro lado, en los ejemplos 5 y 6 estos dos elementos del andamiaje sí se evalúan a partir del enriquecimiento topogenético del estudiante. Es decir, que es posible evaluar que el profesor realiza desvanecimiento y transfiere la responsabilidad a los estudiantes en estos fragmentos de episodio. De esta forma, la responsabilidad del aprendizaje se transfiere cuando los estudiantes asumen un control creciente sobre su rol como aprendices y esto es tangible cuando por un lado responden preguntas conceptuales e intentan defender sus posturas, así como por otro, explican cómo se resuelven las preguntas problemas que el profesor les propone. Lo anterior es evidencia de un enriquecimiento topogenético, ya que está relacionado con el saber (significados institucionales). Según los fragmentos de los episodios seleccionados, se tienen en cuenta momentos en los cuales se ponen en juego elementos conceptuales y argumentativos por parte de los estudiantes que están explicando una vez el profesor hace desvanecimiento y a su vez transfiere la responsabilidad.

De esta forma, según el ejemplo 5, estos elementos subyacen al vínculo entre los componentes CEE→CCE del PCK del profesor, registrándose 8 relaciones en 10 episodios filmados. Mientras que, en el ejemplo 6, estos elementos subyacen al vínculo entre los componentes CEV→CCE, así como CCE→CEV del PCK del profesor, registrándose 6 de los 10 episodios, como se muestra en el mapa del PCK. Esta relación de reciprocidad se genera porque el profesor en la búsqueda de la comprensión de los estudiantes, evalúa constantemente y esta interacción entre estos dos elementos permiten interpretarlo y graficarlo como se visualiza en el mapa del PCK.

De manera general, teniendo en cuenta los anteriores resultados, podemos afirmar como en el caso de la profesora Angela y el profesor Sergio, que la interacción entre procesos didácticos, se puede ilustrar pensando en el profesor que observa que su estudiante es capaz de comprender un concepto o fenómeno natural porque utiliza adecuadamente el modelo teórico correspondiente; en este caso se puede asumir que el rol del estudiante ha cambiado (topogénesis).

Así, los comportamientos o las acciones que los estudiantes adoptan durante la tarea didáctica, es una indicación del tipo de relación con el saber o con las actividades de aprendizaje que se han logrado establecer o que se están construyendo. Desde el punto de vista de la topogénesis, el estudio in situ de las interacciones didácticas lleva a evaluar la actividad compartida por el profesor y el estudiante, centrándonos principalmente en la acción del estudiante. Así es posible establecer la relación entre los elementos del andamiaje de desvanecimiento y transferencia de responsabilidad con el enriquecimiento topogenético como factor que posibilita evidenciar cuándo se llevan a cabo estos elementos.

De acuerdo a lo anterior, se puede establecer que una acción docente centrada en el estudiante, en la promoción de procesos interrelacionales (diálogos, argumentos), involucra por parte de los profesores un compromiso primordial en el desvanecimiento y transferencia de responsabilidad, elementos enfocados al cambio topogenético del estudiante. Es precisamente esa acción del saber lo que es necesario describir, para comprender cómo ocurre la enseñanza y el aprendizaje y considerar las relaciones que se establecen entre los diferentes componentes del PCK.

Componentes del PCK y sus relaciones

Nuestro análisis del mapa del PCK del profesor Fernando y los patrones que surgieron a través del método de comparación constante indicaron las siguientes características sobresalientes de la integración de los componentes de su PCK: (a) la integración de los componentes fue idiosincrásica y específica del tópico; (b) el conocimiento de la comprensión del estudiante (CCE) y el conocimiento de estrategias de enseñanza (CEE) fueron centrales en la integración; (c) la orientación hacia la enseñanza de la ciencia (OEC) se configura como componente clave; (d) el conocimiento del currículo (CC) presenta las conexiones más débiles con los demás componentes; (e) el conocimiento de la evaluación (CEV) se relacionó con frecuencia con todos elementos del mapa; (f) la contextualización del contenido presenta conexiones con todos los componentes.

La integración de los componentes fue idiosincrásica y específica del tópico

Al igual que la profesora Angela y el profesor Sergio se encuentra que el PCK del profesor Fernando es de naturaleza idiosincrásico y específico del tema, lo que ha sido defendido conceptualmente y/o empíricamente por muchos investigadores (Loughran, Mulhall, & Berry, 2008; Park & Oliver, 2008a; Padilla & Van Driel, 2011; Park & Chen, 2012). En consonancia con Aydin y Boz (2013), nuestros hallazgos sugieren, sin embargo, que esas características no solo se derivan de diferentes componentes de PCK involucrados en un episodio de enseñanza, sino también de diferentes dinámicas de integración entre los componentes, como se puede observar en el mapa del PCK del profesor cuyas relaciones totales son 81 y la misma cantidad se correlaciona con su complejidad.

CCE y CEE fueron centrales en la integración

Coincidimos con investigaciones recientes (Park & Chen, 2012; Aydin & Boz, 2013; Ravanal & López-Cortés, 2016) en que la relación entre los componentes del conocimiento de la comprensión de los estudiantes (CCE) y el conocimiento de las estrategias de enseñanza (CEE), son centrales en el mapa del PCK, como lo es el caso de la profesora Angela y el profesor Sergio, mostrando con esto que son los componentes que más se relacionan entre sí y que el CCE es el que más se relaciona con otros componentes (25% en términos de frecuencia). Esto implica que la comprensión del profesor sobre la comprensión de los estudiantes (CCE) y las correspondientes estrategias de enseñanza (CEE) guiaron principalmente a otros componentes a la incorporación para configurar su mapa de PCK. Como afirma Park y Chen (2012), dado que los profesores deberían saber lo que los estudiantes ya saben y lo que probablemente se les dificulte aprender en un tema en particular a fin de generar estrategias de enseñanza apropiadas, la fuerte conexión entre CCE y CEE parece natural. Esta relación aparece en la acción docente del profesor, por ejemplo, cuando plantea interrogantes en clase, Fernando se da cuenta de algunas dificultades conceptuales que poseen los estudiantes. Él declara:

“A nivel conceptual en el curso que oriento, que es evolución, es fundamental entender la variación génica como lo que nutre la evolución. Entonces, dada la

importancia que tiene comprender este concepto, es que se hace tanto énfasis en las primeras clases para retomar elementos que se vieron en el curso de genética que tal vez quedaron flojos o que por alguna razón no alcanzaron a ver. Entonces, directamente se hace esa charla general, pero luego les presento una actividad en la que a manera individual ellos deben resolver algo como un tipo de problema con respecto al tema y poder de esta forma individualizar con el fin de detectar cuál de los estudiantes tiene algún tipo de dificultad y así presentar algún tipo de estrategia para que se resuelva esa situación, caiga en cuenta de cuál es su fallo y tal vez ese fallo se puede ejemplificar a nivel grupal para que quede claro en la mayoría. No tratar de generalizar un momento para individualizar algunos casos en los que se necesite hacer un poco más de esfuerzo.” (Fernando, entrevista de autoconfrontación).

A partir de esta comprensión de las dificultades que puedan tener los estudiantes, propone que la interacción profesor-estudiante es fundamental en su acción docente, como lo manifiesta:

“para mí esta interacción es de alta importancia porque yo concibo ese acto educativo como una comunicación, como un acto donde debe haber un emisor un receptor y una respuesta. Yo tengo alguna manera de enterarme [sic], lo que piensa el estudiante acerca del concepto, cómo lo está comprendiendo, qué dificultades tiene para llegar a hablar en algún momento el mismo idioma, tratar de percibir en él cuáles son sus expectativas en el curso hacia un dominio conceptual. También, si tiene preguntas nuevas que surgen en esta nueva presentación del concepto "recorderis" de algún concepto que no recuerda. Entonces creo que es sumamente importante esa interacción profesor estudiante, porque eso me moviliza como docente, me hace retomar algunas prácticas antiguas o descartar algunas que tenía en consideración hacer, de acuerdo al resultado de esta interacción” (Fernando, ReCo).

De esta forma, el mapa del profesor Fernando deja ver que de los 10 episodios grabados, en 8 se establece relación entre estos componentes, lo que permite interpretar que al profesor le preocupa, más allá de la identificación de las dificultades de aprendizaje o la falta de dominio conceptual que tienen los estudiantes, adaptar sus estrategias de enseñanza

para solventar las necesidades de aprendizaje de los estudiantes o para confrontar sus errores conceptuales.

OEC se configura como componente clave del PCK

Si bien el CCE se relaciona con los demás componentes presentando una mayor frecuencia (25%), la orientación hacia la enseñanza de la ciencia (OEC) presenta una frecuencia importante (17%), igualando al CEV y siendo superada sólo en 1% por el CEE. Por esta razón, se configura como un componente que da sentido al PCK del profesor Fernando, porque a pesar de ser el tercer componente en establecer más relaciones, se vincula con cada uno de ellos. Además, es importante destacar que el profesor establece una relación fuerte entre la (OEC) y CCE; presentado 8 conexiones de los 10 episodios grabados. Este reconocimiento condujo a un análisis en profundidad de los datos recopilados utilizando el método de comparación constante (Strauss y Corbin, 1990) para desarrollar una comprensión completa de la interacción entre los componentes del PCK en su mapa. Como resultado, se evidenció que su OEC regulaba considerablemente los demás componentes de su PCK.

Lo anterior está de acuerdo con los siguientes reportes de literatura (i) la orientación determina qué enseñar (Padilla, Ponce-de-Leon, Rembado y Garritz, 2008); (ii) hay coherencia entre la orientación y el conocimiento de la estrategia de enseñanza (Henze et al., 2008; Padilla y van Driel, 2011); (iii) la orientación está vinculada al conocimiento del estudiante (Aydin et al., 2015; Padilla y van Driel, 2011); (iv) la orientación didáctica influye en la selección de actividades por parte de los docentes para solucionar los errores conceptuales de los estudiantes (Aydin et al., 2013). Así mismo, difiere con el hallazgo evidenciado por Park y Chen (2012), quienes plantean que la orientación didáctica inhibe la interacción entre la estrategia de instrucción y otros componentes de PCK, lo que en el mapa del profesor Fernando no se visualiza así; resultado que se apoya empíricamente, además, con el caso del profesor Sergio.

Los estudios antes mencionados sobre la interacción entre componentes de PCK conceptualizan la orientación como “*creencias sobre los objetivos y propósitos de la enseñanza de la ciencia*” (Aydin et al., 2013; Padilla y Van Driel, 2011) e interpretan solo cómo esta dimensión de orientación influye en otros componentes de PCK.

En particular, entre las cinco orientaciones clasificadas por Padilla y Van Driel (2011), que aparecen en la Tabla 31, Fernando tuvo una fuerte orientación que se dirige hacia el rigor académico, así como a la orientación didáctica.

Tabla 31.

*Clasificación de orientaciones de enseñanza de las ciencias**

Orientaciones hacia la enseñanza de la ciencia (OEC)		
Orientación	Definición	Respuestas a la entrevista de autoconfrontación
Proceso	Los profesores presentan a los estudiantes el proceso de pensamiento empleado por los científicos	-----
Rigor académico	Los estudiantes son desafiados con problemas y actividades difíciles. El trabajo de laboratorio y las demostraciones muestran la relación entre conceptos y fenómenos	<i>“Entonces, si ellos sólo se aprendieron la definición de memoria estarán un poco confundidos al momento de responder la pregunta. Lo que busco entonces con este tipo de preguntas, más que el dominio del concepto, es cuáles serían las implicaciones frente a un problema en la expresión del gen como tal, no solamente que sepan la definición sino que ante una situación problema, como por ejemplo, una mutación en un intron, qué repercusiones tiene en el fenotipo del individuo”.</i>
Didáctica	Los maestros presentan información a través de una explicación o discusión, y una pregunta dirigida	<i>“La pregunta se utiliza mucho como detonante de futuras preguntas o me permite percibir en sus respuestas algunos vacíos que tengan o conceptos que tienen acertados. En la pregunta y tal vez una contra pregunta para mí es fundamental con el fin de mejorar esa interacción profesor estudiante que de alguna manera, ellos también tengan la oportunidad de preguntarse y preguntarme con el fin de bajar la tensión que se genera ante una pregunta del profesor, que no perciban este tipo de pregunta como una indagación, que como decimos popularmente busca “corchar” al estudiante, sino que se sientan cómodos, digamos al generar preguntas de parte de</i>

		<i>ellos, responder las preguntas que hace el profesor con la intención directa de poder percibir si el concepto está claro, los preconceptos están bien. Por lo tanto, a este tipo de actividad no se le asigna directamente una nota de 0 a 5 si no me respondió la pregunta sino es más una conversación”</i>
Cambio conceptual	Los estudiantes son presionados por sus puntos de vista sobre el mundo y consideran la adecuación y las explicaciones alternativas. Los profesores facilitan la discusión y debates necesarios para establecer un conocimiento válido	-----
Actividad dirigida	Los estudiantes participan en actividades "prácticas" usadas para verificación o descubrimiento	-----
*Padilla y Van Driel (2011, p.370-371)		

En primer lugar, es importante tener en cuenta lo que postula Friedrichsen (2002) citado en Friedrichsen, Van Driel y Abell (2011): “la orientación didáctica, así como el rigor académico son orientaciones centradas en el profesor” (p.362). En este sentido, la principal meta de Fernando para la enseñanza de la ciencia era en referencia a los estudiantes:

“Que estructuren el concepto de variabilidad genética como un eje conceptual que les permita comprender y enlazar otros conceptos de materias anteriores y darle una dimensión que les permita entender el mundo natural. Que la biodiversidad es el resultado del cambio y el éxito biológico de algunas formas genéticas resultantes del cambio, y las implicaciones que tendrá en nuestro planeta la modificación artificial de genes.” (Fernando, ReCo).

Para lograr este objetivo, presentó información principalmente a través de explicaciones magistrales, preguntas y actividades problema, como se evidencia en su declaración:

“a nivel conceptual para los estudiantes es fundamental comprender los conceptos de fenotipo, mutación y genotipo, que conozcan la naturaleza de los aminoácidos, que son aquellas sustancias que componen las proteínas que son realmente la parte estructural y funcional de los seres vivos. De esta manera, al compartir el código genético muchos tripletes sinónimo, es decir varios tripletes del ADN codifican el mismo aminoácido. Entonces, las mutaciones que se generen posiblemente, es

decir, cambios en el genotipo, no variarán el fenotipo del individuo. Entonces, el que ellos dimensionen y reconozcan los diferentes tipos de aminoácidos les va permitir de alguna manera percibir el impacto que tendrá una mutación en un gen con respecto al fenotipo; si hay algunas mutaciones que tienen o no repercusiones, si pueden ser letales o no, si pueden generar la manifestación de una enfermedad de acuerdo a la estructura; porque un sólo cambio en un nucleótido no necesariamente es un cambio de aminoácido, puede tener un cambio en la variación génica, pero no hay un cambio en el aminoácido. Y si los aminoácidos son parecidos en su radical serán funcionales pero no idénticos, pero tendrán una función similar. Entonces, en esencia, la importancia es que no sólo conecten el gen, el concepto de gen y variación génica, sino la importancia que tiene esto a nivel de bioquímica en el concepto de proteína como tal. Es decir, no ver el gen como un concepto aislado". (Fernando, entrevista de autoconfrontación)

Lo anterior implica, que los estudiantes constataron los conceptos de ciencia enseñados a través de explicaciones magistrales y actividades problema, las cuales fueron reguladas por medio de preguntas, con el fin de “demostrar la relación entre conceptos” (Magnusson et al., 1999, p.101). De esta forma, cuando los estudiantes desarrollaron una actividad problema o respondieron a preguntas específicas de un nivel de complejidad mayor, por lo general se proporcionó un conjunto de elementos que tenían que considerar.

Parecía que su preferencia hacía las orientaciones didácticas y de rigor académico estaban estrechamente relacionadas con su visión de la comprensión de los estudiantes. Para él es importante que los estudiantes tengan una visión clara, específicamente en lo que se refiere, a la variación génica como factor determinante en el proceso de evolución de los seres vivos, con el fin de que comprendan el tema de una manera amplia y lo puedan vincular con otras temáticas. De acuerdo con esto, la interacción profesor-estudiante es fundamental para lograr este objetivo, particularmente al transferir la responsabilidad del aprendizaje al estudiante, lo cual lo declara así,

“La idea es que me gusta mucho en mi práctica que ellos mismos de alguna manera a medida que se vaya desarrollando la actividad caigan en cuenta en qué se equivocaron. Me gusta que a partir de proporcionarle ciertos elementos, ellos mismos reconozcan si lo que han elaborado está bien o no. Mi intención aquí es

dar elementos, pero ellos son partícipes activos en la creación del concepto. El espacio del aula es precisamente eso, que los estudiantes tengan un espacio en la construcción orientado por el docente que en este caso soy yo, que lo único que tengo de diferente es que tengo un poco más de experiencia sobre un concepto. Es importante en estos espacios que los estudiantes no sólo aprenden del profesor sino de sus propios compañeros o de sus pares, y esa responsabilidad de asumir el riesgo sin necesidad de pensar en que voy a tener una nota mala, porque los estudiantes se cohiben cuando están pensando en la nota y cuando no es así, ellos pueden crear sus propios conceptos.” (Fernando, entrevista de autoconfrontación).

Esta perspectiva parece lógicamente consistente con sus creencias sobre la regulación de los aprendizajes hasta que sus estudiantes hayan recibido de forma correcta la información. Así, estos resultados en conjunto, relacionan la orientación didáctica y de rigor académico hacia la enseñanza de la ciencia, la cual formó directamente su enfoque de enseñanza de una manera congruente con este tipo de orientaciones. El vínculo fuerte entre OEC y CCE, dio como resultado mayor posibilidad para que los otros componentes influyan en sus decisiones sobre su conocimiento curricular y evaluativo, al tenerlos presentes en la configuración del conocimiento de la comprensión de los estudiantes. En particular, su conocimiento sobre los errores conceptuales de los estudiantes logró establecer la conexión entre el conocimiento de comprensión de los estudiantes (CCE), que fue significativo en el Mapa del PCK, como lo declara:

“Que estructuren el concepto de variabilidad genética como un eje conceptual que les permita comprender y enlazar otros conceptos de materias anteriores y darle una dimensión que les permita entender el mundo natural. Que la biodiversidad es el resultado del cambio y el éxito biológico de algunas formas genéticas resultantes del cambio, y las implicaciones que tendrá en nuestro planeta la modificación artificial de genes”

(Fernando, ReCo)

Por un lado, el hallazgo de Padilla y Van Driel (2011) con respecto a la orientación como rigor académico está en consonancia con nuestros resultados, ya que ellos plantean que se da porque los profesores consideran importante que los estudiantes aprendan a solucionar problemas que les ayude a entender la temática. Los mismos autores plantean que se distancian de lo postulado por Friedrichsen (2002) y Friedrichsen et al. (2011),

frente a que la orientación didáctica y el rigor académico pertenecen a un mismo grupo. Sin embargo, y en relación con sus resultados y con nuestro caso, se puede postular que la principal diferencia entre estas dos orientaciones es que la primera tiene una visión muy tradicional de enseñanza, la cuál pone poca atención al aprendizaje del estudiante. Mientras que en el rigor académico, los profesores intentan dar a los estudiantes algunos retos y problemas. Así, los estudiantes desde esta orientación son más activos y partícipes.

Otro estudio que es relevante, es el reportado por Demirdögen (2016), quien encontró en su investigación, que la orientación de la enseñanza de las ciencias se relacionó con el conocimiento curricular en términos de objetivos, uso de estrategias de enseñanza específicas del tema (conocimiento de la estrategia educativa) y conocimiento de evaluación, especialmente en términos de qué evaluar; lo que está de conformidad con los hallazgos del caso del profesor Fernando, así como el caso del profesor Sergio.

CEV se relacionó con frecuencia con todos elementos del mapa

El mapa del PCK del profesor Fernando muestra que el conocimiento de la evaluación (CEV) que al igual que la OEC tiene una frecuencia en sus relaciones de 17%, siendo importante en la configuración del PCK del profesor, ya que se relaciona con los demás componentes, y se diferencia sustancialmente con respecto al mapa de la profesora Angela y el profesor Sergio en sus conexiones. El profesor frecuentemente aplicaba diferentes tipos de preguntas para diagnosticar el nivel de comprensión de los estudiantes del concepto que se enseña y, además, para adaptar su enseñanza. En consecuencia, el conocimiento de la evaluación (CEV) del profesor hacía conexiones con CCE. Por ejemplo, Fernando tendía a hacer una serie de preguntas relacionadas con un concepto particular en el transcurso de cada clase. Él creía que antes de enseñar y durante la enseñanza de un concepto, debería descubrir el nivel de comprensión de los estudiantes sobre el concepto y que una forma efectiva de evaluar su comprensión actual es hacer preguntas, según lo plantea:

“esta pregunta es posterior a la explicación de los conceptos de expresión génica, intron y exon. Digamos que este tipo de preguntas de alguna manera les moviliza un poco con el fin de responder de manera correcta cuál es el papel que juegan estos conceptos en la expresión del gen. Entonces, si ellos sólo se aprendieron la

definición de memoria estarán un poco confundidos al momento de responder la pregunta. Lo que busco entonces con este tipo de preguntas, más que el dominio del concepto, es cuáles serían las implicaciones frente a un problema en la expresión del gen como tal, no solamente que sepan la definición sino que ante una situación problema, como por ejemplo, una mutación en un intron, qué repercusiones tiene en el fenotipo del individuo. (Fernando, entrevista de autoconfrontación).

Esta evidencia es relevante ya que se destaca que el conocimiento del profesor sobre la evaluación contingente, le permite evaluar el nivel de sus estudiantes para aprender un concepto particular a través del cual mejoró aún más su conocimiento de la comprensión del estudiante (CCE). De esta forma, el profesor Fernando planteó nuevos enfoques para mejorar la comprensión de los estudiantes a través de los cuales amplió su repertorio de estrategias de enseñanza, como por ejemplo integrar los elementos del andamiaje de desvanecimiento y transferencia de responsabilidad, como se ve en su mapa (figura 18).

CC presenta las conexiones más débiles con los componentes

El mapa del PCK indicó que la relación establecida por el profesor Fernando con respecto al conocimiento del currículo (CC) está vinculada fuertemente al conocimiento de la comprensión de los estudiantes (CCE), registrando 7 de 17 relaciones; mientras que con los demás componentes las interacciones son débiles: 5 de 17 con el OEC, así como con el CEE, y 1 de 19 relaciones con CEV, al igual que con el CCtx.

El análisis de datos utilizando el método comparativo constante reveló que el conocimiento del profesor sobre el plan de estudios para los temas enseñados durante el semestre y particularmente, para la secuencia filmada, se integró al PCK moderadamente, influyendo en sus decisiones de enseñanza y en la comprensión de los estudiantes, como refleja su fuerte relación entre el CC y el CCE. De acuerdo con esto, Fernando con regularidad exhibía su conocimiento del programa y las pautas curriculares, a pesar de su poca experiencia orientando la asignatura (1 año). No obstante, el conocimiento que exhibe del contenido disciplinar es una fortaleza y esto se evidencia porque hace uso de este conocimiento como un referente para descubrir cómo construir una lección que apoye

mejor el aprendizaje de los estudiantes, las cuales consideran su contextualización, al igual que la evaluación. Por consiguiente, Fernando usó el programa de la asignatura como un filtro a través del cual tomó decisiones sobre la importancia de varios temas relativos al plan de estudios como un conjunto de elementos que convergen en el diseño y actualización de su enseñanza. Al igual que en los casos de la profesora Angela y el profesor Sergio, el caso del profesor Fernando indicó que saber cómo está organizado el programa de la asignatura y específicamente el tema de variación génica, coincide con saber cómo enseñar con éste, como él lo puntualiza:

“Que estructuren el concepto de variabilidad genética como un eje conceptual que les permita comprender y enlazar otros conceptos de materias anteriores y darle una dimensión que les permita entender el mundo natural. Que la biodiversidad es el resultado del cambio y el éxito biológico de algunas formas genéticas resultantes del cambio, y las implicaciones que tendrá en nuestro planeta la modificación artificial de genes” (Fernando, ReCo)

De acuerdo con Friedrichsen et al., (2009) el CC permite al profesor diferenciar entre grandes ideas y hechos triviales en relación con el currículo, lo que lo lleva a modificar las actividades incluidas en los materiales de referencia y eliminar aquellas que juzgaba secundarias para la comprensión de las grandes ideas, como el profesor lo declara: *“Que les permita interpretar cómo los cambios en el material genético en los organismos no solo tiene un impacto a nivel celular, sino a una escala mucho mayor como lo es el ecosistema.”* (Fernando, ReCo). En este aspecto, la estrecha y fuerte conexión entre CC y CEE parece razonable.

Estos resultados están en concordancia con los hallazgos de Demirdögen (2016) quién establece que: “todos los propósitos relacionados con la enseñanza del contenido de ciencias (es decir, la explicación correcta y una base sólida) interactuaron con los demás componentes de PCK” (p.14). En su estudio, los participantes, que se centraron en los objetivos del plan de estudios y consideraron las relaciones horizontales y verticales a través de los grados y temas, fueron conscientes de las dificultades y errores conceptuales que los estudiantes podrían tener. Usaron una estrategia de enseñanza útil para evaluar lo que planeaban enseñar, y abordar las dificultades. Lo que él declara:

“Tal vez muchas veces por los tiempos muchos de los cursos tal vez por cumplir con la totalidad del programa aceleran y dan unos contenidos de una manera muy rápida en el que no se profundiza mucho el concepto. Por esta razón, siempre considero importante hacer ese tipo de "repasos" y que para muchos es el espacio donde realmente van a llegar a comprender qué fue lo que sucedió. Es importante aclarar que este “repasso” se puede hacer una, dos o tres veces, o incluso durante todo el semestre de manera transversal cuando sea necesario, ya que hay elementos claves que uno como docente supone que en los contenidos anteriores ya se vieron. Esta suposición a veces no viene al lugar, así que se toma tiempo para hacer el “repasso” donde hay elementos fundamentales dentro de los contenidos que uno tiene que rescatar. Entonces, allí siempre saco un ratico para hacer el “repasso” con los elementos claves y remarcarlos, esa es la intención” (Fernando, entrevista de autoconfrontación).

Lo anterior se relaciona en el sentido en que el profesor muestra en el mapa de su PCK la congruencia entre elementos del currículo, el enlace de éstos a sus estrategias de enseñanza, a partir de su orientación hacia la enseñanza y el aprendizaje, con el objetivo de incentivar la comprensión de sus estudiantes.

La contextualización del contenido (CCtx) presenta conexiones con todos los componentes

Un primer aspecto para destacar del caso del profesor Fernando, es que en contraste con los hallazgos de los casos de la profesora Angela y el profesor Sergio, se establecen relaciones entre el CCtx y todos los componentes del mapa; lo que es relevante, ya que además de evidenciarlo en sus respuestas del ReCo, tal como declara con respecto al impacto del aprendizaje de este concepto en la vida cotidiana de sus estudiantes:

“Que les permita interpretar cómo los cambios en el material genético en los organismos no solo tienen un impacto a nivel celular, sino a una escala mucho mayor como lo es el ecosistema. Vincular las explicaciones teóricas con eventos que son cotidianos para ellos, que puedan predecir de alguna manera las implicaciones de la variación genética en el funcionamiento de los seres vivos y el ambiente” (Fernando, ReCo).

Lo anterior, también se evidencia con regularidad en su acción docente al interactuar con sus estudiantes mediante la devolución y regulación de sus procesos de comprensión, demostrando con esto, que la contextualización del contenido es un elemento significativo que configura su PCK. Como se observa en su mapa (figura 5), se establecen relaciones con todos los componentes, registrando 5 de 20 relaciones con cada uno de ellos; a excepción del conocimiento del currículo, donde sólo se establece 1 de 21 relaciones. En este sentido, la relación más significativa que establece el profesor con la contextualización del contenido es la comprensión de los estudiantes, como él lo plantea:

“Esta pregunta es posterior a la explicación de los conceptos de expresión génica, intron y exon. Digamos que este tipo de preguntas de alguna manera les moviliza un poco con el fin de responder de manera correcta cuál es el papel que juegan estos conceptos en la expresión del gen. Entonces, si ellos sólo se aprendieron la definición de memoria estarán un poco confundidos al momento de responder la pregunta. Lo que busco entonces con este tipo de preguntas, más que el dominio del concepto, es cuáles serían las implicaciones frente a un problema en la expresión del gen como tal, no solamente que sepan la definición sino que ante una situación problema, como por ejemplo, una mutación en un intron, qué repercusiones tiene en el fenotipo del individuo” (Fernando, entrevista de autoconfrontación).

En la misma dirección de la declaración de la respuesta del profesor, se puede ratificar que la contextualización del contenido hace parte fundamental de su acción docente, prevaleciendo la interacción con el estudiante, y así mismo, su vínculo con los elementos del andamiaje, principalmente, la contingencia; tal como se observa en el siguiente fragmento de un episodio de clase registrado en la tabla 32.

Tabla 32.

Fragmento de episodio el cual relaciona el CCTx^a con CCE^b

<p>P: bueno, la segunda pregunta. Vamos analizarla María Isabel (E1) E1: ¿De qué manera aparecen nuevos alelos en la población? P: ¿de qué manera aparecen? E1: estaríamos hablando que, por cambios en el ambiente, lo que produce que el organismo que vaya a mutar se vea afectado por el ambiente y así pueda subsistir. P: póngamelo con un ejemplo, porque está como enredado.</p>

E1: el cambio de color de una mariposa. El caso de las fábricas en Inglaterra que hizo que las mariposas cambiaran su fenotipo para poder subsistir en este ambiente.

P: ¡muy bien! ¿Todos conocen ese caso?

Es: no

P: existía una población de mariposas muy bonitas con colores específicos y vivían en un bosque muy felices. Unas eran claras y otras tenían una coloración oscura. Entonces, ahí estaba la población y la coloración clara daba una ventaja evolutiva porque sobre los árboles que ellas se posaban cierto tipo de musgo permitía el camuflaje. Entonces, las aves iban a ver más fácil, obviamente, a las oscuras. Entonces, es una presión de selección sobre ese fenotipo.

E2: profe, entonces, por derivaje.

P: más adelante abordaremos ese concepto. Entonces, de esa manera, las mariposas claras podían sobrevivir. De esta forma, Ana Isabel dice que los alelos aparecen por cambios en el ambiente, porque luego cerca del bosque empezó a producirse mucho hollín que cayó a los líquenes cambiando la coloración del musgo, haciéndolo oscuro y ahí la ventaja que tenían las mariposas claras se perdió. Entonces, lo que Ana Isabel propone es que las mariposas claras debido a esto cambiaron y se volvieron oscuras.

^aConocimiento de la Contextualización del Contenido, ^bConocimiento de la comprensión de los estudiantes

Lo anterior nos permite sugerir que un aspecto clave de la contextualización del contenido que promueve el profesor Fernando en la configuración de su PCK es el grupo de estudiantes, el cual es muy particular, así como el tópico de enseñanza; lo cual posibilita un proceso de enseñanza y aprendizaje que prevalece en la interacción entre pares y entre el profesor y los estudiantes, regulando constantemente el aprendizaje, a partir del propósito y objetivos de enseñanza de la ciencias que es inherente a la acción docente del profesor, por lo menos en el tópico de variación génica y bajo esta especificidad en términos de la configuración del grupo de estudiantes.

En conclusión, el caso del profesor Fernando tiene diferentes implicaciones, que se pueden sintetizar como sigue: En primer lugar, se observa que los componentes del PCK que establecen más relaciones son el conocimiento de las estrategias de enseñanza y el conocimiento de la comprensión de los estudiantes (CEE→CCE). En segundo lugar, OEC es un componente fundamental en el PCK del profesor, que permite configurar las relaciones con los demás componentes. En tercer lugar, con respecto a los elementos del andamiaje, la mayoría de las relaciones subyacen en el elemento de contingencia, aunque existen relaciones entre componentes donde prevalece el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad. En cuarto lugar, los componentes con más relaciones (CEE→CCE) presentan elementos de desvanecimiento y transferencia de responsabilidad en 8 de los 10 episodios, ya que dentro de las estrategias de enseñanza que el profesor genera se centra en la autonomía de los estudiantes para el mayor control sobre su aprendizaje y la construcción de conocimiento. También, se establecen 6 de los 10 episodios de la relación de

componentes (CEV→CCE), mostrando la evaluación como un mecanismo de transferir responsabilidad y generar desvanecimiento cuando se propende por la interacción profesor-estudiante estudiante-estudiante para el consenso y la comprensión de significados institucionalizados. Asimismo, los componentes OEC y CEE registraron 5 de los 10 episodios (E_n) grabados. En este sentido en particular, estos elementos de andamiaje generados por el profesor en su acción docente con una intencionalidad pedagógica, favorece la relación entre los componentes del PCK, los cuales son subyacentes a los elementos del andamiaje, en este contexto, el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad, no obstante la contingencia es el elemento principal en el global de las relaciones establecidas en la configuración PCK, resultado semejante a los casos de la profesora Angela y el profesor Sergio.

Conclusiones de los estudios

Con los resultados presentados, el PCK en mapas se desarrolló con el objetivo de hacerlo más visible y más claro a través de la integración de las relaciones entre sus componentes. Este capítulo está de acuerdo con los planteamientos de Park y Chen (2012), quienes indican que el uso de los mapas del PCK puede ser un camino para solucionar varias preguntas de investigación sobre PCK que permanecen sin resolver debido a la falta de enfoques metodológicos apropiados. En esta dirección, por ejemplo, Abell (2008) señaló la necesidad de investigar por qué algunos temas particulares son más difíciles de enseñar que otros para algunos docentes. En este sentido, el presente capítulo ilustra tres temas de áreas diferentes, donde se busca explorar la integración de las relaciones entre los diferentes componentes del PCK visualizado en un modelo de mapa, lo que contribuye al análisis y su posterior comprensión. De esta forma, emplear el enfoque de los mapas del PCK permitirá identificar los componentes de los que los profesores comúnmente carecen o poseen, pero a menudo tienen dificultades para relacionarse con otros componentes para un tema en particular. Esta comprensión nos ayudará a entender cómo está estructurado el PCK para enseñar diferentes temas, ya sea dentro de la misma disciplina o en otra. También, es claro, que los mapas se pueden utilizar para explorar las diferencias entre el PCK de un profesor principiante y un profesor experto, lo que proporcionará implicaciones significativas para

los programas de formación docente. Además de su uso con fines investigativos, un mapa del PCK se puede utilizar como una herramienta de reflexión para los profesores que les ayude a identificar qué componentes y relaciones necesitan fortalecer para enseñar un tema en particular de manera más efectiva.

Por otro lado, al aportar evidencia metodológica y empírica para considerar el andamiaje como el responsable de establecer las relaciones entre los diferentes componentes del PCK, consideramos que es una contribución en términos de los antecedentes reportados en la literatura. Lo que es importante resaltar, es que de los tres elementos clave del andamiaje según van de Pol et al. (2010), la contingencia es el elemento que predomina entre el conjunto de relaciones que se dan en un aula de clase de educación superior en los casos particulares estudiados en esta investigación. No obstante, el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad subyacen a las relaciones entre los componentes que tienen una mayor frecuencia de conexión, éstos son: conocimiento de la comprensión de los estudiantes y el conocimiento de las estrategias de enseñanza, mostrando que la interacción profesor-estudiante es un factor fundamental en el proceso de una enseñanza efectiva y una autonomía del estudiante en su proceso de aprendizaje.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

En primer lugar, es relevante tener presente la pregunta que se plantea en esta tesis doctoral, con el fin de visualizar las metas alcanzadas al realizar esta investigación.

¿Qué contribuciones realiza el andamiaje a la conceptualización del PCK a partir del estudio de la acción docente de cuatro profesores de ciencias de educación superior?

En este sentido, la contribución más significativa que se da, a la conceptualización del PCK, es que con los hallazgos aquí reportados ampliamos la discusión conceptual y metodológica del modelo con ayuda de los referentes conceptuales del andamiaje, los cuales proporcionan herramientas de análisis a la acción docente al vincular aspectos relevantes de la Teoría de Situaciones Didácticas, como los procesos didácticos, posibilitando con esto interpretar y fortalecer el modelo del PCK, específicamente en profesores de educación superior de ciencias, donde la investigación hasta nuestros días ha sido escasa. De esta forma, al modelizar el PCK a partir de las relaciones de sus componentes y el establecimiento de vínculos con los elementos del andamiaje se da una mirada holística al conocimiento pedagógico del contenido que el profesor despliega en su acción docente, ya que tiene en cuenta una de las metas de formación de todo aprendiz y es el desempeño de su autonomía y su control creciente sobre su proceso de aprendizaje.

A continuación se presentan las conclusiones en relación con cada uno de los objetivos de la investigación:

6.1. Conclusión respecto al objetivo general:

Objetivo general: Establecer las contribuciones del andamiaje a la conceptualización del PCK a partir del estudio de la acción docente de cuatro profesores de educación superior.

En la perspectiva general de la investigación es relevante mencionar que se alcanza este objetivo, ya que como se muestra en los resultados se establecen las contribuciones del andamiaje a la conceptualización del PCK, y más cuando se logra obtener un modelo de cada uno de los profesores participantes a partir de los componentes ya reportados en la literatura y los elementos clave del andamiaje que articulan y complementan rigurosamente

el modelo, potenciando su conceptualización, en tanto posibilita su interpretación a partir de las interacciones registradas en los mapas del PCK presentados para los profesores Angela, Sergio y Fernando.

Con los resultados presentados, mediante mapas del PCK se hace más visible y clara la integración de las interrelaciones entre sus componentes. En esta dirección, estos hallazgos están de acuerdo con los planteamientos de Park y Chen (2012), quienes indican que el uso de los mapas del PCK puede ser un camino para solucionar varias preguntas de investigación sobre PCK que permanecen sin resolver debido a la falta de enfoques metodológicos apropiados. En esta dirección, por ejemplo, Abell (2008) señaló la necesidad de investigar por qué algunos temas particulares son más difíciles de enseñar que otros para algunos docentes. En este sentido, la tesis ilustra tres temas de áreas diferentes, donde se busca explorar la integración de las relaciones entre los diferentes componentes del PCK visualizado en un modelo de mapa, lo que contribuye al análisis y su posterior comprensión. De esta forma, emplear el enfoque de los mapas del PCK permite identificar los componentes de los que los profesores comúnmente carecen o poseen, pero a menudo tienen dificultades para relacionarse con otros componentes para un tema en particular. Esta comprensión nos brinda herramientas para entender cómo está estructurado el PCK para enseñar diferentes temas, ya sea dentro de la misma disciplina o en otra. También es claro que los mapas se pueden utilizar para explorar las diferencias entre el PCK de un profesor principiante y un profesor experto, lo que proporciona implicaciones significativas para los programas de formación docente. Además de su uso con fines investigativos, un mapa del PCK se puede utilizar como una herramienta de reflexión para los profesores que les ayude a identificar qué componentes y relaciones necesitan fortalecer para enseñar un tema en particular de manera más efectiva.

Por otro lado, al aportar evidencia metodológica y empírica para considerar el andamiaje como el responsable de establecer las relaciones entre los diferentes componentes del PCK, consideramos que es una contribución en términos de los antecedentes reportados en la literatura.

Lo que es importante resaltar, es que los casos estudiados en esta tesis están en consonancia con lo reportado en la literatura por Van de Pol et al. (2010), siendo la contingencia el elemento que prevalece en términos del andamiaje ejecutado en el aula de

clase. Por lo tanto, en los mapas del PCK el conjunto de relaciones entre los diferentes componentes están mediados por este elemento.

No obstante, el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad subyacen a las relaciones entre los componentes que tienen una mayor frecuencia de conexión, éstos son: conocimiento de la comprensión de los estudiantes y el conocimiento de las estrategias de enseñanza, mostrando que la interacción profesor-estudiante es un factor fundamental en el proceso de una enseñanza que busca promover la autonomía del estudiante en su proceso de aprendizaje.

Es relevante mencionar que las contribuciones del andamiaje se observan con un mayor énfasis en las relaciones entre los componentes del PCK de Estrategias de Enseñanza, Comprensión de los estudiantes, Currículo y Contexto, sin embargo, el componente que hace referencia al conocimiento de la evaluación está parcialmente influenciado a pesar del papel que desempeña la evaluación diagnóstica en la contingencia. Es posible que lo anterior revele discrepancias en la concepción de evaluación que tienen los profesores, por lo que sería objeto de estudio para otra investigación.

6.2 Conclusiones respecto a los objetivos específicos

Objetivo específico 1: Interpretar la conceptualización del andamiaje en investigación sobre educación en ciencias a partir de los paradigmas actuales.

La presente investigación presenta una interpretación a la conceptualización original del concepto andamiaje vinculada a la enseñanza de las ciencias que queda expuesta en el capítulo de antecedentes al realizar el esfuerzo intelectual de relacionar la literatura especializada en el rango del año 2010 al 2016 y proponer las categorías emergentes en donde ésta posible línea de investigación puede dar surgimiento, principalmente en la formación de profesores en todos los niveles educativos, primando los de educación superior ya que se relacionan con los resultados presentados en este manuscrito.

Con el fin de dar claridad a lo que se ha presentado en investigaciones de corte descriptivo y experimental con respecto al andamiaje, haciendo referencia a que no todo lo que el profesor realiza en el aula con el fin de propender por el aprendizaje y la autonomía

del estudiante es considerado andamiaje, se deben tener en cuenta los aportes de Reigosa & Jiménez-Aleixandre (2007), quienes plantean que para que exista andamiaje, debe promoverse la contingencia, el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad, argumentando que si alguno de estos elementos no se logra, no se puede hablar de andamiaje, ya que el andamiaje que no funciona no puede llamarse tal, según estos autores.

En esta misma dirección apuntan las investigaciones de Ruiz-Primo & Furtak (2007), quienes diseñan un modelo de enseñanza contingente, donde su finalidad es promover el andamiaje cuando se tiene como etapas fundamentales la diagnosis, la respuesta del estudiante y la evaluación permanente. En este modelo se pretende que el profesor realice un diagnóstico constante, así como una evaluación formativa que tenga como característica fundamental la contingencia. Este aspecto específico cobra interés en esta investigación, ya que en los mapas del PCK de los profesores participantes el elemento del andamiaje de contingencia es más significativo si se contrasta con el desvanecimiento y transferencia de responsabilidad. De esta forma, podemos concluir que para los profesores el elemento de contingencia es más accesible desplegarlo en su acción docente que los dos últimos. Lo anterior está de acuerdo con investigaciones como la de van de Pol y colaboradores (2012), quienes plantean que el desarrollo y la observación de los elementos de desvanecimiento y transferencia de responsabilidad en ambientes naturalistas, tienen un grado de dificultad mayor que la contingencia. En esta dirección, se hace hincapié en que lo más probable es que se requieren otras técnicas que permitan, desde lo metodológico, observar o evidenciar el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad, cuyo desarrollo puede ser objeto de futuras investigaciones.

Otro factor destacable a la hora de analizar el constructo del andamiaje es la Zona de Desarrollo Próximo y la relación explícita, que han propuesto autores como Vygotsky (1978) y Cazden (1983), quienes iniciaron las conceptualizaciones en torno a nociones como enseñanza, aprendizaje y autonomía. Esta claridad es pertinente ya que diferentes estudios que se han reportado en la actualidad, consideran el andamiaje como un concepto sinónimo de apoyo, perdiéndose así la riqueza conceptual de las fuentes originales, por lo que su desarrollo pierde rigurosidad y, por lo tanto, el andamiaje queda reducido a un apoyo que no tiene trasfondo conceptual, ni mucho menos metodológico.

En suma, queda claro con lo anterior que no todo lo que hace el profesor por mejorar el aprendizaje de sus estudiantes se puede considerar andamiaje, pues si fuera de esta forma, su constructo teórico carecería de un modelo conceptual que subyace en los desarrollos del enfoque histórico cultural y que tienen presente la interacción social como fuente que erige el proceso de enseñanza y aprendizaje, y en este último, la autonomía de quien aprende, cuando el andamiaje es el factor que está de por medio.

Finalmente, en términos generales, la variedad de los estudios presentados ofrece ricos relatos de andamiaje en el aula. Muestra las apariencias que el andamio puede tomar en contextos diferentes, y nos informa sobre las muchas estrategias que se pueden utilizar. Por ejemplo, la profesora Angela hace contingencia con intenciones de motivación cuando usa la estrategias de intervención contingente; de metacognición con la estrategia de preguntas diagnósticas y reducción de la frustración con la estrategia retroalimentación; mientras el profesor Sergio centra sus estrategias en preguntas diagnósticas, cuestionamiento, instrucción e intervención contingente, con intenciones específicamente cognitivas. Por su parte, la contingencia del apoyo se operacionalizó con relativa frecuencia, en comparación con el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad, siguiendo la misma línea del párrafo anterior y de los hallazgos reportados en esta tesis.

La revisión sistemática de la literatura permite observar algunas relaciones de interés que demuestran que el andamiaje en educación en ciencias puede proveer diferentes perspectivas de investigación, y que cada una de las categorías aquí expuestas pueden ser líneas promisorias para futuras investigaciones respecto a la promoción del andamiaje como proceso que permea el diseño instruccional, las estrategias evaluativas, la formación del profesorado y la eficacia de la interrelación de estos mecanismos, con el fin de mejorar, en alguna medida, la autonomía del aprendiz en este proceso de andamiaje adaptativo. Esto significa, en consonancia con Lin et al. (2011), que los estudios empíricos más sistemáticos se centran en cómo los procesos de andamiaje influyen en el crecimiento cognitivo de los estudiantes, en lugar de examinar sólo los resultados del aprendizaje.

Objetivo específico 2: Identificar los patrones de enseñanza contingente del profesor de ciencias de educación superior en un contexto de clase donde prevalece la interacción profesor-estudiante.

La investigación permitió identificar los patrones de enseñanza contingente de tres profesores (Teresa, Angela y Sergio), mostrando que son un factor determinante del proceso de andamiaje que promueven en sus clases para cada uno de los tópicos seleccionados. Así mismo, es relevante hacer hincapié en que la identificación de estos patrones se lleva a cabo por la interacción permanente que los profesores promueven en su acción docente prevaleciendo en ésta la dupla devolución-regulación, buscando constantemente la autonomía de sus estudiantes, así como un mayor control de su aprendizaje.

De manera particular, para la profesora Teresa el patrón de enseñanza contingente en el tema de estructura atómica se debe en gran parte a que favorece un mayor repertorio de enfoques de andamiaje permitiéndole adaptar el apoyo a las necesidades del estudiante, a partir de los medios y las intenciones del andamiaje las cuales están centradas en las preguntas que ella diseña.

De acuerdo a los datos recolectados la construcción de significados se lleva a cabo principalmente por la acción mediadora de la profesora, debido a la dinámica propuesta en la sesión que se basa principalmente en la interacción profesora-estudiante, a partir de una pregunta, potenciando las intenciones y medios como elementos de codificación para la identificación de los momentos de andamiaje.

Por su parte, los profesores Ángela (quien desarrolló la unidad temática de potenciación) y Sergio (en la unidad temática de reacciones ácido – base) se informan sobre el estado del aprendizaje de los estudiantes observando su comportamiento e interactuando con ellos, es decir, aplicando constantemente la evaluación diagnóstica y esto les permite hacer contingencia con diferentes intenciones y usando distintos medios.

Las evidencias de desvanecimiento son escasas frente a las de transferencia de responsabilidad, las cuales incrementan a medida que la fase de contingencia finaliza. Resultados que están en la misma dirección de sus mapas de PCK donde prevalece significativamente la contingencia como elemento del andamiaje que subyace en las distintas relaciones que se llevan a cabo entre los componentes del PCK.

Objetivo específico 3: Analizar los efectos de un dispositivo de formación docente basado en la conceptualización del andamiaje sobre las prácticas de los profesores de ciencias en educación superior.

La configuración del dispositivo de formación, el cual consistió en una serie de encuentros organizados durante una semana, en los que se invitó a los profesores a analizar videos de clase de profesores que desplegaban en su acción docente elementos de enseñanza contingente y andamiaje, y además a reflexionar sobre sus propios puntos de vista en torno a tópicos centrales como enseñanza, aprendizaje y evaluación; relaciona directamente el segundo y cuarto objetivo específico. Es decir, que, a partir del núcleo de la conceptualización del andamiaje, fue posible recolectar la información y analizarla como se presenta en la sección de resultados y análisis. Por lo tanto, el análisis del efecto de este dispositivo, va encaminado a mostrar que la acción docente de los profesores universitarios participantes (Teresa, Angela, Sergio y Fernando) estuvo permeada por la conceptualización del andamiaje y fue posible analizarla desde este constructo teórico, confluyendo igualmente en el modelo del PCK, con el fin de comprender cuál es modelo que se puede representar a partir de los perfiles de los profesores, los cuales muestran diferentes tipos de relaciones entre los componentes del PCK y las diferentes interacciones con los elementos clave del andamiaje que quedan expuestos en los mapas del PCK.

El dispositivo de formación centrado en la perspectiva histórico cultural y específicamente en los elementos del andamiaje, es un mecanismo que posibilita la transformación de las prácticas de los profesores con el fin de generar factores que permitan el logro, la calidad y permanencia estudiantil. Sin embargo, por razones propias del contexto universitario con respecto al límite de tiempo, contenidos, estrategias metodológicas y evaluativas, entre otras, pueden estar en contravía con las pretensiones de este tipo de apuestas que buscan articular y seguir fortaleciendo la calidad y la permanencia desde la perspectiva académica con actores como los profesores, los cuales son significativos para el proceso de enseñanza y aprendizaje y que además, siempre están interesados en mejorar su práctica.

Este último hallazgo indica que el dispositivo de formación requiere ajustes según los cuales, la reflexión de los profesores debe orientarse hacia medios que den la respectiva

importancia al desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad como condiciones para promover la autonomía del estudiante. Visto así, hay que ayudar a los profesores a cuestionar sus concepciones de enseñanza, aprendizaje y evaluación para que la meta a lograr sea la autonomía.

Objetivo específico 4: Potenciar la conceptualización actual del PCK, a partir de la comprensión en la integración de sus componentes y los vínculos establecidos entre los elementos del andamiaje en profesores de ciencias de educación superior.

A partir de la convergencia de los anteriores objetivos, fue posible potenciar la conceptualización actual del PCK, teniendo en cuenta en primer lugar, que la literatura no ha reportado los vínculos que esta investigación presenta con respecto al concepto de andamiaje y teoría de acción didáctica conjunta, específicamente en lo que se refiere al proceso didáctico de la topogénesis para configurar un análisis indirecto de los elementos de desvanecimiento y transferencia de responsabilidad correlacionándose con el modelo del PCK para interpretarlo desde los mapas del PCK de una forma rigurosa.

En este sentido, la investigación aborda la manera en la cual el modelo del PCK se puede analizar a la luz de la perspectiva histórico-cultural, particularmente, en lo que tiene que ver con el concepto del andamiaje, como proceso que prioriza la interacción profesor-estudiante buscando permanentemente la autonomía del aprendiz, posibilitando la comprensión de las relaciones entre los componentes del PCK en la acción docente de cada profesor y cómo estas relaciones subyacen. Es decir, que los elementos clave del andamiaje, son relevantes para descifrar el surgimiento de cada relación entre los diferentes componentes. En esta dirección, un profesor puede caracterizarse por promover en su acción docente la contingencia, el desvanecimiento o la transferencia de responsabilidad, con lo cual, las relaciones entre los componentes del PCK, así como sus frecuencias, estarán orientados de una u otra forma por el proceso de andamiaje.

De acuerdo a los hallazgos reportados en la revisión de literatura, es claro que la relevancia del PCK en la enseñanza de las ciencias debe considerar los elementos expuestos en esta investigación, con el fin de comprender la profundidad que los diferentes autores han consolidado para la comunidad académica. Por esta razón, la revisión ha proporcionado definiciones del PCK que se rescatan a partir de las diferentes reflexiones teórico-prácticas,

que permiten caracterizarlo con fundamentos, que posibilita considerarlo como un modelo que considera todos los conocimientos del profesor directamente relacionados con la acción docente, teniendo en cuenta un tópico específico que va dirigido a unos estudiantes particulares, y en un contexto escolar dado.

En contraste, con el objetivo de interpretar este modelo teórico, se han planteado diferentes esfuerzos para modelizarlo. En todos los casos se propone una serie de componentes del PCK. Sin embargo, en ninguno de los modelos propuestos se han dejado claras las posibles interrelaciones entre sus componentes. En primer lugar, se evidencia porque la mayoría de autores se han dedicado a investigar los componentes aisladamente sin tener en cuenta los vínculos que se pueden llegar a establecer. En segundo lugar, se concluye que en función de los estudios que se han preocupado por documentar el PCK y plantear las distintas relaciones, como por ejemplo los mapas del PCK, se generan ciertas restricciones propias de cada investigación, que no permite visualizar de forma general y clara las posibles relaciones entre componentes. En este aspecto particular, nuestra investigación aporta y amplía la discusión, porque se muestran con claridad conceptual y metodológica las posibles interrelaciones entre los componentes y además, se vincula el marco conceptual del andamiaje para potenciar el análisis de la acción docente en conjunto, haciendo el modelo dinámico y riguroso en un contexto de clase particular.

Como lo plantea Gess-Newsome (2015) el modelo del PCK más citado y utilizado en las investigaciones es el de Magnusson, Krajcik y Borko (1999), el cual propone que el PCK está influenciado por el conocimiento de la materia y creencias, el conocimiento pedagógico y creencias, y el conocimiento y creencias sobre el contexto, incluyendo los estudiantes. No obstante, el modelo de Park y Oliver (2008b) hace referencia a un modelo que visualiza las conexiones entre elementos, considerándolo dinámico y que se plantean las influencias de los componentes entre sí, estableciendo en cada componente subcategorías que fortalecen el modelo de Magnusson et al. (1999). De igual manera, contempla el entorno de aprendizaje caracterizado por un determinado contexto social y cultural, dejando con esto abierta la posibilidad de converger con otros enfoques teóricos que potencien la mirada que hasta hoy día se ha tenido, lo que permite considerarlo como elemento fundamental de la identidad profesional del profesor de ciencias, porque posibilita reflexionar sobre la acción y en la acción docente; proceso que queda expuesto en los casos

que se estudian ya que el despliegue de los elementos del andamiaje les permiten estar en una permanente reflexión de su acción docente que está mediada por las interrelaciones que llevan a cabo cuando se caracteriza su mapa de PCK.

Actualmente el PCK se define como una base de conocimiento utilizada para planificar y para diseñar la enseñanza específica de un tema en un contexto de clase, y como una habilidad cuando se trata de enseñar. Finalmente, los resultados de los estudiantes son explícitos en este modelo, considerando que el aprendizaje del estudiante no es un producto automático de la instrucción, en vez de la propuesta del andamiaje, que busca fortalecer la autonomía y el mayor control sobre el aprendizaje del estudiante cuando el profesor despliega en un ambiente estructurado de clase los tres elementos del andamiaje: contingencia, desvanecimiento y transferencia de responsabilidad; lo que potencia la mirada que se ha dado al modelo del PCK hasta hoy, según los resultados obtenidos por los casos que aquí se analizan.

Nuestros hallazgos están en concordancia con la literatura, ya que se vislumbra en las investigaciones realizadas acerca de las interrelaciones de los componentes del PCK que la mayoría de las conexiones entre éstos son el conocimiento de las estrategias de enseñanza y el conocimiento de los estudiantes para la comprensión de la enseñanza de las ciencias, lo que se evidencia con rigurosidad en los mapas de la profesora Ángela (ver figura 16, p. 146), el profesor Sergio (ver figura 17, p. 160) y el profesor Fernando (figura 18, p. 178).

En esta misma línea, investigaciones con las que estamos de acuerdo y que nuestra tesis aporta parcialmente hallazgos, son aquellas que se han centrado en analizar el impacto del PCK sobre el desempeño de los estudiantes ya que indican que existe un vínculo significativo entre estas variables. Así se ha podido concluir que los profesores con un PCK más integrado, como puede ser el caso del profesor Fernando, generan en sus estudiantes mejores desempeños en términos académicos (aunque esta tesis no reporta este tipo de resultados). Es de aclarar que en esta relación se destaca el conocimiento de estrategias de enseñanza de las ciencias como componente del PCK. Además, se han determinado correlaciones que quedan expresadas en el aumento de la motivación en los estudiantes. Aspecto significativo que se deja parcialmente explorado, pero que vale la pena seguir estudiándolo y tenerlo de insumo como una perspectiva promisoriosa de investigación.

Con todo lo anterior, el PCK es un constructo teórico sustancial en la formación del profesor, que se nutre de la práctica docente, de acuerdo con los numerosos estudios que han utilizado instrumentos de caracterización del PCK con múltiples propósitos formativos: evaluar al profesor luego de un ciclo de formación, analizar el papel del tutor de profesores en formación inicial y permanente, emplearlo como componente autoevaluativo integrador del proceso de formación, entre otras.

En esta dirección, se ha podido corroborar que existe una amplia gama de temas de diferentes disciplinas científicas donde se ha estudiado el PCK del profesor, ya sea en ejercicio, en formación inicial o permanente, dejando claro que es más abundante la investigación en tópicos relacionados directamente con física o química que con biología.

Por último y a partir de las investigaciones más recientes (Berry, Friedrichsen y Loughran, 2015), al enfocar los estudios del PCK en comprender cómo este modelo debe entenderse desde la orientación de un modelo de enseñanza centrado en el aprendiz, que busca una convergencia entre el PCK del profesor y el logro del estudiante, se debe propender por un replanteamiento de los sistemas de formación y evaluación, así como nuevos dispositivos y contextos que permitan integrar los componentes del PCK de manera consciente y adecuada. El autor de esta tesis expone que este modelo hace parte integral de la identidad profesional del profesor de ciencias, ya que es inherente a su naturaleza como profesional de la educación el cual subyace en la constante acción y reflexión de su práctica profesional.

Finalmente estamos de acuerdo con los planteamientos de Imbernon (2013) citados por Parga y colaboradores (2015) en que para lograr un desarrollo profesional, se debe garantizar un proceso de formación de docentes que se ajuste a las necesidades y exigencias del siglo XXI, donde los formadores de docentes realicen propuestas y programas que permitan la construcción y reconstrucción permanente de los conocimientos de los docentes, donde se construyan alternativas de aprendizaje como pares académicos, donde la universidad garantice a la escuela profesionales capaces de superar las brechas existentes entre los docentes que investigan y los que realizan su práctica docente, donde se generen nuevos conocimientos didácticos y formas alternativas de resolver problemas contextualizados. Así es que cobra sentido el planteamiento formal de espacios de

formación permanente, con el fin de que el docente en el contexto de su práctica profesional y laboral desarrolle nuevas estrategias y postulados conceptuales y metodológicos que le permitan mantener un diálogo horizontal no sólo con sus pares sino con sus estudiantes y con las problemáticas de la enseñanza de las ciencias. Con esto, el profesor podrá ser un investigador y constructor crítico de su propio conocimiento pedagógico del contenido (PCK).

6.3 Recomendaciones para estudios futuros

En primer lugar, se puede plantear el andamiaje como factor de identidad profesional del profesor de ciencias, que queda expuesto de manera incipiente en el trabajo de Melville, Bartley & Fazio (2012). También, la apuesta por realizar trabajos que muestren ambientes más estructurados, donde prevalezcan los tres elementos clave del andamiaje, a saber, la contingencia, el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad, y no reducirlo ya sea a la contingencia y/o a la transferencia de responsabilidad, quedando en deuda el desvanecimiento, como se muestra de manera general en la revisión sistemática realizada, así como los estudios de caso que aquí analizaron.

Igualmente, es relevante que se otorgue claridad y se dé relevancia a la discusión sobre la conceptualización original del andamiaje, y no se asuma como un concepto *sombrilla*, donde todo lo que el maestro realiza en el aula de clase podría ser considerado como andamiaje.

Otro factor relevante es estudiar el PCK de diferentes profesores universitarios en una misma temática, con el fin de corroborar si éste es indiosincrásico y es específico para cada tópico. De igual manera, a partir de las relaciones entre componentes del PCK, así como los elementos del andamiaje subyacentes a estas relaciones, explorar qué relación existe entre el PCK y el aprendizaje de los estudiantes, teniendo como referente estudiar los elementos de desvanecimiento y transferencia de responsabilidad desde el proceso didáctico de la topogénesis.

Estudiar el PCK y sus relaciones con el andamiaje para conceptualizar el impacto en el aprendizaje de los estudiantes, ya que es una línea que ha tenido escasa investigación y a partir de lo planteado en la cumbre del PCK los investigadores plantearon ésta como una ruta promisoría de estudio para hacer un análisis de la enseñanza y el aprendizaje a partir de

un modelo que inicialmente se creó para estudiar al profesor, pero que hoy puede tener herramientas tanto conceptuales como metodológicas para acceder a los procesos de logro y autonomía del estudiante en su desempeño y en su proceso formativo.

A partir del estudio de caso del profesor Fernando, se puede recomendar explorar los vínculos entre los componentes del PCK y los elementos del andamiaje en cursos donde los estudiantes ya hayan superado la etapa de fundamentación en sus carreras, con lo cual han adquirido herramientas conceptuales. También, tener en cuenta, que el número de estudiantes en una clase sea reducido, con el fin de que los elementos del andamiaje como el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad sean más evidentes, permitiendo que el profesor ceda la autonomía con más regularidad a los estudiantes, haciéndolos partícipes activos de su proceso de aprendizaje.

Los casos estudiados en esta tesis llevan a coincidir con lo planteado por Abell (2008) cuando afirma que el PCK no sólo es importante para hacer una investigación educativa, sino que es un insumo útil para los formadores de formadores. En efecto, al comprender el tipo de conocimiento que ponen en juego los buenos profesores cuando planean y desarrollan el trabajo en el aula, los hallazgos suministran información valiosa para definir metas de programas y cursos para preparar nuevos profesores o para favorecer su desarrollo profesional. En esta perspectiva, es relevante promover dispositivos y/o programas de formación que fomenten el estudio del PCK en profesores en formación inicial, continua y en ejercicio con el fin de comprender a profundidad los hallazgos aquí reportados y ampliar la discusión conceptual y metodológica, especialmente en términos de enriquecer los momentos de acción docente donde el profesor promueve desvanecimiento y transferencia de responsabilidad, como elementos del andamiaje que son difícilmente observables y/o promovidos en ambientes naturalistas. En esta perspectiva es posible que cada vez que el profesor se acerque a estos espacios de formación, logre realizar conscientemente su acción docente desplegando el andamiaje en su práctica, con el fin de establecer las interrelaciones entre los componentes del PCK y los vínculos con los elementos del andamiaje se puedan constituir de una manera más clara. De esta forma, es necesario que los formadores de formadores planteen nuevas alternativas, nuevas rutas de trabajo e investigaciones encaminadas a articular los resultados de investigaciones del PCK

con los de formación de docentes para promover así un desarrollo profesional de los mismos y resignificar la labor del profesorado en el contexto escolar.

En la misma dirección del párrafo anterior, se recomienda profundizar en el análisis de la acción docente con el uso de los procesos didácticos con el fin de potenciar el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad. Por eso cobran sentido los espacios formales de formación de profesores con el fin de visualizar los marcos conceptuales y metodológicos que articulan en estos procesos en la práctica donde son significativos en la interacción profesor-estudiante.

Crear un modelo matemático que permita cuantificar las variables propias de las relaciones PCK – Andamiaje, para observar a gran escala la acción docente de los profesores, a fin de identificar cuáles son las dimensiones de su formación que requieren apoyo.

Se espera que los diferentes constituyentes que se presentan en esta investigación logren determinar cambios que se puedan generar en la acción docente, aportando un análisis de la eficacia de promover andamiaje en el aula prevaleciendo la dupla devolución-regulación, para mejorar los proyectos de educación superior, permitiendo con esto potenciar la formación de los profesores universitarios de ciencias a partir de la modelización de su PCK y la interrelación entre sus componentes. Es por ello que sería conveniente seguir investigando en esta línea y profundizar tanto en las formas en que se organiza la actividad conjunta en las aulas universitarias, como en los recursos que usan los participantes en el proceso de construcción de andamiaje en ambientes de clase estructurados. Estos estudios también son una vía idónea, para que los profesores puedan distinguir aquellos aspectos de su acción docente que son más adecuados para propiciar cierto tipo de reflexión, y construcción de *conocimientos* (haciendo referencia a los componentes del PCK: conocimiento del currículo, de la evaluación, de estrategias de enseñanza, de la contextualización del contenido, comprensión de los estudiantes y la orientación de la enseñanza de las ciencias) y los de sus estudiantes.

Finalmente, seguir avanzando en esta línea de investigación también aportaría nuevos elementos teórico-prácticos para el análisis de los procesos de enseñanza y aprendizaje a nivel de la TSD, TADC, el Andamiaje y el PCK, así como para un marco teórico de los procesos de enseñanza y aprendizaje a nivel de educación superior. En

contraste, se hace necesario un marco conceptual dentro del cual explicar y definir algunos de los aspectos claves que hemos venido desarrollando en torno al proceso de enseñanza aprendizaje y adaptarlos a las aulas universitarias dado que, frecuentemente, conceptos como andamiaje, relación de componentes del PCK, han sido estudiados principalmente a nivel de educación preescolar, básica primaria, básica secundaria y media.

REFERENCIAS

- Abd-El-Khalick, F. (2006). Preservice and experienced biology teachers' global and specific subject matter structures: Implications for conceptions of pedagogical content knowledge. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(1), 1-29.
- Abell, S. K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416.
- Abell, S., Park, M., Hanuscin, D., Lee, M., & Gagnon, M. (2009). Preparing the Next Generation of Science Teacher Educators: A Model for Developing PCK for Teaching Science Teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 20(1), 77-93.
- Alonzo, A; Kobarg, M & Seidel, T. (2012). Pedagogical Content Knowledge as Reflected in Teacher–Student Interactions: Analysis of Two Video Cases. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(10), 1211–1239.
- Alvarado, C., Cañada, F., Garritz, A., & Mellado, V. (2015). Canonical pedagogical content knowledge by CoRes for teaching acid–base chemistry at high school. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(3), 603-618.
- American Association of Colleges for Teacher Education – AACTE. (2008). *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) for Educators*. New York: Routledge.
- Amigues, R., Faita, D., & Saujat, F. (2004). L'autoconfrontation croisée : une méthode pour analyser l'activité enseignante et susciter le développement de l'expérience professionnelle. *Bulletin de Psychologie*, 57(469), 41–45.
- Antoniadou, V. (2011). Book Review: *Cultural-Historical Perspectives on Teacher Education and Development: Learning Teaching*, 2010. Routledge: Taylor & Francis Group, London and New York. (Eds.) Ellis, V; Edwards, A; & Smagorinsky, P. *Bellaterra Journal of Teaching & Learning Language & Literature*, 4(1), 2011, 107-118.
- Appleton, K. (2003). How do beginning primary school teachers cope with science? Toward an understanding of science teaching practice. *Research in Science Education*, 33, 1–25.
- Appleton, K. (2008). Developing Science Pedagogical Content Knowledge Through Mentoring Elementary Teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 19(6), 523-545.
- Ash, D. (2008). Thematic continuities: Talking and thinking about adaptation in a socially complex classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 1-30. DOI: 10.1002/tea.20199
- Aydin, S., & Boz, Y. (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.

- Aydin, S., Friedrichsen, P., Boz, Y., & Hanuscin, D. (2014). Examination of the topic-specific nature of pedagogical content knowledge in teaching electrochemical cells and nuclear reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 658-674.
- Aydin, S., Demirdogen, B., Akin, F., Uzuntiryaki-Kondakci, 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.
- Azevedo, R., Cromley, J., & Seibert, D. (2004). Does adaptive scaffolding facilitate students ability to regulate their learning with hypermedia? *Contemporary Educational Psychology*, 29, 344 – 370.
- Azevedo, R. (2005). Scaffolding self-regulated learning and metacognition – Implications for the design of computer-based scaffolds. *Instructional Science*, 33, 376 – 379.
- Ball, D., Thames, M., & Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching. What Makes It Special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407.
- Barnett, J. & Hodson, D. (2001). Pedagogical Context Knowledge: Towards a Fuller Understanding of What Good Science teachers Know, *Science Teacher Education*, 85 (4), 426-453.
- Barnett, E., & Friedrichsen, P. (2015). Educative Mentoring: How a Mentor Supported a Preservice Biology Teacher's Pedagogical Content Knowledge Development. *Journal of Science Teacher Education*, 26(7), 647-668.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M., & Tsai, Y. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133-180.
- Bektas, O., Ekiz, B., Tuysuz, M., Kutucu, E., Tarkin, A., Uzuntiryaki-Kondakci, E. (2013). Pre-service chemistry teachers' pedagogical content knowledge of the nature of science in the particle nature of matter. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 201-213.
- Berg, T., & Brouwer, W. (1991). Teacher awareness of student alternate conceptions about rotational motion and gravity. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1)3-18.
- Berland, L., & McNeill, K. (2010). A learning progression for scientific argumentation: understanding student work and designing supportive instructional contexts. *Science Education*, 94, 765-793. DOI: 10.1002/sce.20402
- Berry, A., Friedrichsen, P., & Loughran, J. (2015). *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. London: Routledge, 2015.
- Bertram, A. (2012). Getting in touch with your PCK: A look into discovering and revealing science teachers' hidden expert knowledge. *Teaching Science*, 58(2), 18-23.

- Bertram, A., & Loughran, J. (2012). Science Teachers' views on CoRes and PaP-eRs as a framework for articulating and developing pedagogical content knowledge. *Research in Science Education*, 42(6), 1027-1047.
- Bindernagel, J., & Eilks, I. (2009). Evaluating roadmaps to portray and develop chemistry teachers' PCK about curricular structures concerning sub-microscopic models. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(2), 77-85.
- Bolivar, A. (2005). Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9(1), 7.
- Bond-Robinson, J. (2005). Identifying pedagogical content knowledge (PCK) in the chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(2), 83-103.
- Bonilla, O. (2013). Ampliando la conceptualización del conocimiento pedagógico del contenido, la perspectiva intercultural. Tesis Doctoral. Universidad de Antioquia.
- Bourdieu, P. (1980). *Le sens pratique*. Paris: Minuit.
- Bourdieu, P. (1997). *Méditations pascaliennes*. Paris: Seuil.
- Brines, A., Solaz-Portolés, J., & Sanjosé, V. (2016). Estudio exploratorio comparativo del conocimiento didáctico del contenido sobre pilas galvánicas de profesores de secundaria en ejercicio y en formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(2).
- Brousseau, G. (1990). ¿Qué pueden adoptar a los enseñantes los diferentes enfoques de la didáctica de las Matemáticas? (Primera parte). *Enseñanza de Las Ciencias*, 8 (3), 259– 267.
- Brousseau, G. (1991). ¿Qué pueden aportar a los enseñantes los diferentes enfoques de la didáctica de las Matemáticas? (Segunda parte). *Enseñanza de Las Ciencias*, 9 (1), 10– 21.
- Brousseau, G. (2007). *Introducción al estudio de la teoría de las situaciones didácticas*. Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- Bucat, R. (2005). Implications of chemistry education research for teaching practice: Pedagogical content knowledge as a way forward. *Chemistry Education International*, 6(1), 1–2.
- Buck, Z. E. (2013). The effect of color choice on learner interpretation of a cosmology visualization. *Astronomy Education Review*, 12(1), 1-13.
- Buck, Z. (2016). Students from non-dominant linguistic backgrounds making sense of cosmology visualizations. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(1), 29-57. DOI: 10.1002/tea.21337
- Caillods, F., Gottelmann-duret, G., & Lewin, K. (1997). *Science education and development; planning and policy issues at secondary level*. Paris: Pergamon/International Institute of Educational Planning.
- Camargo, A. (2010). *Dimensiones interactiva, discursiva y didáctica del estilo de enseñanza*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

- Carlson J. & Gess-Newsome, J. (2013). The PCK Summit Consensus Model and Definition of Pedagogical Content Knowledge. In: The Symposium “Reports from the Pedagogical Content Knowledge (PCK) Summit, ESERA Conference 2013”, Nicosia, Cyprus, September.
- Carlson, J., Gess-Newsome, J., Gardner, A. & Taylor, J. A. (2013). A Framework for Developing Pedagogical Content Knowledge: The Role of Transformative Professional Development and Educative Curriculum Materials, ESERA Conference 2013, Nicosia, Cyprus, September.
- Cazden, C.B. (1983). Peekaboo as an instructional model: Discourse development at home and at school. In B. Bain (Eds.), *The Sociogenesis of language and human conduct* (pp. 33-58). Boston, MA: Springer. DOI: 10.1007/978-1-4899-1525-2_3
- Chaiklin, S., & Lave, J. (1993). *Understanding practice: Perspectives on activity and context*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Chapoo, S., Thathong, K., & Halim, L. (2014). Biology Teachers’ Pedagogical Content Knowledge in Thailand: Understanding & Practice. *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, 116, 442-447.
- Charlot, B. (1997). *Rapport au savoir: Éléments pour une théorie*. Paris: Anthropos.
- Chevallard, Y. (1982). *La Transposición Didáctica, del conocimiento erudito al conocimiento enseñado*. La Pensée Sauvage.
- Chevallard, Y. (1997). *La transposición didáctica. Del Saber Sabio al Saber Enseñado*. AIQUE. Buenos Aires, Argentina.
- Cochran, K., Deruiter, J., & King, R. (1993). Pedagogical content knowing: an integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44(4), 263-272.
- Cole, M. (1996). *Cultural Psychology*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Cole, M., & Engeström, Y. (1994). Introduction. *Mind, culture and activity*. An International Journal, 1(4), 201.
- Cole, A. D. (2006). Scaffolding beginning readers: Micro and macro cues teachers use during student oral reading. *Reading Teacher*, 59, 450–459. DOI: 10.1598/RT.59.5.4
- Clot, Y. (1999). *La fonction psychologique du travail*. Paris: PUF.
- Cross, D., & Lepareur, C. (2015). PCK at stake in teacher-student interaction in relation to students’ difficulties. In M. Grangeat. (Ed.). *Understanding science teachers’ professional knowledge growth*. (pp. 47-61). Rotterdam: Sense Publishers.
- Crujeiras, B., & Jiménez, M. P. (2015). Desafíos planteados por las actividades abiertas de indagación en el laboratorio: articulación de conocimientos teóricos y prácticos en las prácticas científicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 63-84.

- Crujeiras, B., & Jiménez, M. P. (2018). Influencia de distintas estrategias de andamiaje para promover la participación del alumnado de secundaria en las prácticas científicas. *Enseñanza de las ciencias*, 36(2), 23-42.
- Danish, J., Saleh, A., Andrade, A., & Bryan, B. (2016). Observing complex systems thinking in the zone of proximal development. *Instructional Science*, 45, 5-25. DOI: 10.1007/s11251-016-9391-z
- Davis, B., & Sumara, D. (2002). Constructivist discourses and the field of education: Problems and possibilities. *Educational Theory*, 52(4), 409 – 428.
- Davydov, V. (1999). The content and unsolved problems of activity theory. In Y. Engestrom & R. Miettinen & R.-L. Punamaki (Eds.), *Perspectives on activity theory*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- De Berg, K., & Greive, C. (1999). Understanding the siphon: An example of the development of pedagogical content knowledge using textbooks and the writings of early scientists. *Australian Science Teachers' Journal*, 45(4), 19-26.
- De Jong, O., Van Driel, J., & Verloop, N. (2005). Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(8), 947-964.
- De Jong, O; & van der Valk, T. (2007). Science teachers' PCK and teaching practice: learning to scaffold students' open-inquiry learning. In Pintó, R & Couso, D (Eds.), *Contributions from Science Education Research*, 107-118. Springer.
- De Jong, O. (2009). Exploring and Changing Teachers' Pedagogical Content Knowledge: an Overview. In Psillos, D., Kariotoglou, P., Tselfes, V., Hatzikraniotis, E., Fassoulopoulos, G., & Kallery, M (Eds.), *Exploring and Changing Teachers' Pedagogical Content Knowledge: an Overview*. 373 – 381. Springer.
- Demirdögen, B. (2016). Interaction Between Science Teaching Orientation and Pedagogical Content Knowledge Components. *Journal of Science Teacher Education*, 27(5), 495–532.
- Di Franco, M. (2009). La formación docente en la universidad. *Praxis Educativa XIII*, 13, 7 – 8.
- Edmond, N. (2003). School-based learning: constraints and limitations in learning from school experience for teaching assistants. *Journal of Education for Teaching* 29, 2, 113 – 123.
- Ellis, V; Edwards, A; & Smagorinsky, P. (2011). *Bellaterra Journal of Teaching & Learning Language & Literature*. Taylor & Francis Group, London and New York.
- Emig, B., McDonald, S., Zembal-Saul, C., & Strauss, S. (2013). Inviting argument by analogy: Analogical-mapping-based comparison activities as a scaffold for small-group argumentation. *Science Education*, 98, 243-268. DOI: 10.1002/sce.21096

- Engeström, Y., Hakkarainen, P., & Hedegaard, M. (1984). On the methodological basis of research in teaching and learning. In: Engeström, Y; Hakkarainen, P; & Hedegaard, M (Eds.), *Learning and teaching on a scientific basis*. Aarhus: Aarhus University Press.
- Engeström's, Y. (1987). *Learning by Expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- Engeström, Y., & Miettinen, R. (1999). Introduction. In Y. Engeström, R. Miettinen and R.L. Punamäki (eds.) *Perspectives on Activity Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Englert, C. S. (1992). Writing instruction from a sociocultural perspective: The holistic, dialogic, and social enterprise of writing. *Journal of Learning Disabilities*, 25, 153-172. DOI: 10.1177/002221949202500303
- Espinosa-Bueno, J., Labastida-Pina, D., Padilla-Martinez, K., Garritz, A. (2011). Pedagogical Content Knowledge of Inquiry: An Instrument to Assess It and Its Application to High School In-Service Science Teachers. *US-China Education Review*, 8(5), 599-614.
- Evans, L. (2002). What is teacher development? *Oxford Review of Education* 28:1, 123-137.
- Faikhamta, C.; Clarke, A. (2013). A Self-Study of a Thai Teacher Educator Developing a Better Understanding of PCK for Teaching about Teaching Science. *Research in Science Education*, 43(3), 955-979.
- Farré, A., & Lorenzo, G. (2014). Para no seguir reinventando la rueda: El conocimiento didáctico en uso sobre los compuestos aromáticos. *Educación Química*, 25(3), 304-311.
- Favrat, J-F. (2001-2002). L'oral dans les séances de résolution de problèmes de mathématiques à l'école primaire : des exemples de débats au CE1. *Repères*, 24-25, 151-182.
- Fischer, H. E., Borowski, A., & Tepner, O. (2012). Professional Knowledge of Science Teachers. En: B.J. Fraser, K. Tobin y C.J. McRobbie (Eds.) *Second International Handbook of Science Education* (pp. 435-448): Springer: Netherlands.
- Fleer, M. (1992). Identifying teacher-child interaction which scaffolds scientific thinking in young children. *Science & Education*, 76, 373-397. DOI: 10.1002/sce.3730760404
- Flores, M. A. (2001). Person and context in becoming a new teacher. *Journal of Education for Teaching* 27, 2, 135 – 148.
- Ford, M., & Wargo, B. (2011). Dialogic framing of scientific content for conceptual and epistemic understanding. *Science Education*, 96, 369-391. DOI: 10.1002/sce.20482
- Foucault, M. (1966). *El nacimiento de la clínica: una arqueología de la mirada médica*. Madrid: Siglo XXI.
- Friedberg, E. (1997). *Le pouvoir et la règle. Dynamiques de l'action organisée*. Collection Sociologie. Paris: Collection Points.

- Friedrichsen, P., Abell, S., Pareja, E., Brown, P., Lankford, D., & Volkmann, M. (2009). Does teaching experience matter? Examining biology teachers' prior Knowledge for teaching in an alternative certification program. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(4), 357–383.
- Friedrichsen, P., van Driel, J. H., & Abell, S. K. (2011). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 95, 358–376.
- García, C. (2011). La profesión docente en momentos de cambios. ¿Qué nos dicen los estudios internacionales? *Revista Cuatrimestral del Consejo Escolar del Estado: Participación Educativa*, 16, 49 – 68.
- Garriz, A. (2011). Conocimiento didáctico del contenido. Mis últimas investigaciones: CDC en lo afectivo, sobre la estequiometría y la indagación. *Tecne Episteme y Didaxis*, 30, 68-81.
- Garriz, A., Daza, S., Lorenzo, M. (2014). Conocimiento Didáctico del Contenido. Una Perspectiva Iberoamericana. Saarbrücken: Académica Española.
- Geddis, A., Onslow, B., Beynon, C., & Oesch J. (1993). Transforming content knowledge: Learning to teach about isotopes. *Science Education*, 77(6), 575-591.
- Gess-Newsome, J. (1999). Secondary Teachers' Knowledge and Beliefs about Subject Matter and their Impact on Instruction. En Gess-Newsome, J. y Lederman, N. (Eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp.51-94). Springer: Netherlands.
- Gess-Newsome, J., & Lederman, N. (1999). Examining pedagogical content knowledge. The Construct and its implications for science education. Boston: Kluwer.
- Gess-Newsome, J., Carlson, J., Gardner, A., & Taylor, J. (2010). Impact of Educative Materials and Professional Development on Teachers' Professional Knowledge, Practice, and Student Achievement.
- Gess-Newsome, J., & Carlson, J. (2013). A Report on the PCK Summit: Current and Future Research Directions. Rio Grande, Puerto Rico April 6-9, 2013.
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (pp. 28-29). London: Routledge.
- Glaser, B. ., & Strauss, A. . (1967). *The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*. Nueva York: Aldine.
- Goodfellow, J. & Sumsion, J. (2000). Transformative pathways: Field-based teacher educators' perceptions. *Journal of Education for Teaching* 26, 3, 245-257.
- Gordon, S; & Fittler, K. (2004). Learning by teaching: a cultural historical perspective on a teacher's development. *Outlines. Critical Practices Studies*, 2, 35 – 46.

- Goswami, U. (1992). *Analogical reasoning in children*. Hove, England: Erlbaum.
- Grangeat, M. (2015). *Understanding science teachers' professional knowledge growth*. Rotterdam: Sense.
- Greeno J.G. (2011). A Situative perspective on cognition and learning in interaction. In T. Koschmann (Eds.), *Theories of learning and studies of instructional practice. Explorations in the learning sciences, instructional systems and performance technologies* (pp. 41-71). New York, NY: Springer. DOI: 10.1007/978-1-4419-7582-9_3
- Grossman, P. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Guk, I., & Kellogg, D. (2007). The ZPD and whole class teaching: Teacher-led and student-led interactional mediation of tasks. *Language Teaching Research*, 11(3), 281 – 299.
- Hagevik, R., Veal, W., Brownstein, E., Allan, E., Ezrailson, C., & Shane, J. (2010). Pedagogical Content Knowledge and the 2003 Science Teacher Preparation Standards for NCATE Accreditation or State Approval. *Journal of Science Teacher Education*, 21(1), 7-12.
- Haglund, J., Jeppsson, F., & Andersson, J. (2011). Young children's analogical reasoning in science domains. *Science Education*, 96(4), 725-756. DOI: 10.1002/sce.21009
- Halim, L., & Meerah, S. (2002). Science Trainee Teachers' Pedagogical Content Knowledge and its Influence on Physics Teaching. *Research in Science & Technological Education*, 20(2), 215-225.
- Hamza, K., & Wickman, P. (2012). Supporting students' progression in science: Continuity between the particular, the contingent, and the general. *Science Education*, 97, 113-138. DOI: 10.1002/sce.21042
- Hanuscin, D. (2013). Critical Incidents in the Development of Pedagogical Content Knowledge for Teaching the Nature of Science: A Prospective Elementary Teacher's Journey. *Journal of Science Teacher Education*, 24(6), 933-956.
- Hashweh, M. (2005). Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 11(3), 273-292.
- Hedegaard, M. (2001). *A New Approach to Learning in Classrooms*. Working Paper no. 96-01. Denmark: Centre for Cultural Research, University of Aarhus.
- Hedegaard, M. (2003). Cultural minority children's learning within culturally sensitive classroom teaching. *Pedagogy, Culture and Society* 11, 1, 133-151.
- Henze, I., van Driel, J., Verloop, N. (2008). Development of Experienced Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Models of the Solar System and the Universe. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1321-1342.

- Hernández-Sampieri, R. Fernández-Collado, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill. CD-ROM complementario, capítulo 4. Estudio de Caso.
- Hill, h., Rowan, B., Ball, D. (2005). Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal*, 42(2), 371-406.
- Hsin, C.T., & Wu, H. K. (2011). Using scaffolding strategies to promote young children's scientific understandings of floating and sinking. *Journal of Science Education and Technology*, 20, 656-666. DOI: 10.1007/s10956-011-9310-7
- Huertas, A., & López, O. (2014). Andamiaje metacognitivo para la búsqueda de información (Ambi): una propuesta para mejorar la consulta en línea. *Papeles*, 6(11), 48-60.
- Hume, A. (2010). CoRes as Tools for Promoting Pedagogical Content Knowledge of Novice Science Teachers. *Chemistry Education in New Zealand*, 121, 13-19.
- Hume, A., & Berry, A. (2011). Constructing CoRes—a Strategy for building PCK in pre-service science teacher education. *Research in Science Education*, 41(3), 341-355.
- Hume, A., & Berry, A. (2013). Enhancing the Practicum Experience for Pre-service Chemistry Teachers Through Collaborative CoRe Design with Mentor Teachers. *Research in Science Education*, 43(5), 2107-2136.
- Imbernon, F. (2011). Un nuevo desarrollo profesional del profesorado para una nueva educación. *Revista de Ciencias Humanas*, 12(9), 75-86.
- Izquierdo, M., Espinet, M., Garcia, P., Pujol, R. & Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*. núm extra. 79 – 92.
- Jang, S. (2010). Assessing college students' perceptions of a case teacher's pedagogical content knowledge using a newly developed instrument. *Higher Education*, 61(6), 663-678.
- Johnston, J., & Ahtee, M. (2006). Comparing primary student teachers' attitudes, subject knowledge and pedagogical content knowledge needs in a physics activity. *Teaching and Teacher Education*, 22(4), 503-512.
- Jüttner, M., & Neuhaus, B. (2013). Validation of a paper-and-pencil test instrument measuring biology teachers' pedagogical content knowledge by using think-aloud interviews. *Journal of Education and Training Studies*, 1(2), 113-125.
- Jüttner, M. (2013). Development and use of a test instrument to measure biology teachers' content knowledge (CK) and pedagogical content knowledge (PCK). *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 25(1), 45-67.
- Kang, H., Thompson, J., & Windschitl, S. (2014). Creating opportunities for students to show what they know: The role of scaffolding in assessment tasks. *Science Education*, 98, 674-704. DOI: 10.1002/sce.21123

- Käpylä, M., Heikkinen, J., Asunta, T. (2009). Influence of content knowledge on pedagogical content knowledge: the case of teaching photosynthesis and plant growth. *International Journal of Science Education*, 31(10), 1395-1415.
- Kawalkar, A., & Vijapurka, J. (2013). Scaffolding science talk: The role of teachers' questions in the inquiry classroom. *International Journal of Science Education*, 35(12), 2004-2027. DOI: 10.1080/09500693.2011.604684
- Kaya, O. (2009). The nature of relationships among the components of pedagogical content knowledge of pre service science teachers: "Ozone layer depletion" as an example. *International Journal of Science Education*, 31(7), 961-988.
- Kelnner, E., Gullberg, A., Attorps, I., Thorén, I., & Tärneberg, R. (2010). Prospective teachers' initial conceptions about pupils' difficulties in science and mathematics: a potential resource in teacher education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9, 843 – 866.
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: potential and perspectives for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169-204.
- Knaggs, C., & Schneider, R. (2011). Thinking like a scientist using vee-maps to understand process and concepts in science. *Research in Science Education*, 42, 609-632. DOI: 10.1007/s11165-011-9213-x
- Krauss, S., Baumert, J., Blum, W. (2008). Secondary mathematics teachers' pedagogical content knowledge and content knowledge: validation of the COACTIV constructs. *ZDM Mathematics Education*, 40(5), 873-892.
- Kunter, M. Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T., & Hachfeld, A. (2013) Professional competence of teachers: effects on instructional quality and student development. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 805-820.
- Lange, K., Kleickmann, T., & Möller, K. (2012). Elementary teachers' pedagogical content knowledge and student achievement in science education. In C. Bruguiere, A. Tiberghien, P. Clément. (Eds.). *E-Book Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science learning and Citizenship*. Lyon, France: European Science Education Research Association.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- LeCompte M. D. & Preissle J. (Eds.). (1993). *Ethnography and qualitative design in educational research* (2nd ed.). San Diego, CA: Academic Press.
- Lee, E., & Luft, J. (2008). Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1343-1363.

- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning and values. Language and educational processes*. Westport, Connecticut: Ablex Publishing.
- Lenhart, S. (2010). *The Effect of Teacher Pedagogical Content Knowledge and the Instruction of Middle School Geometry*. Doctoral Dissertation – Liberty University, Lynchburg, Va, USA.
- Leontiev, A. (1978). *Activity, Consciousness, and Personality*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Leontiev, A. (1981). The problem of activity in psychology. In J. V. Wertsch(Ed.), *The Concept of Activity in Soviet Psychology* (pp. 37-71). Armonk, NY: Sharpe.
- Leontiev, A. (1984). *Activité, conscience, personnalité*. Moscou: Editions du Progrès.
- Leutenegger, F. (2009). *Le temps d'instruire. Approche clinique et expérimentale du didactique ordinaire en mathématique*. Collection exploration, Berne: Peter Lang.
- Lin, T., Hsu, Y., Lin, S., Changlai, M., Yang, K. & Lai, T. (2012). A review of empirical evidence on scaffolding for science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10, 437-455. DOI: 10.1007/s10763-011-9322-z
- Litwin, E. (2008). *El oficio en acción: construir actividades, seleccionar casos, plantear problemas*. En Litwin, E. *El oficio de enseñar. Condiciones y contextos* (pp. 89-112) Buenos Aires: Paidós.
- López, O, & Hederich, C. (2010). Efecto de un andamiaje para facilitar el aprendizaje autorregulado en ambientes hipermedia. *Revista Colombiana de Educación*, 58, 14-39.
- Loucks-Horsley, S., Hewson, P., Love, N., & Stiles, K. (1998). *Designing professional development for teachers of science and mathematics*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Loughran, J., Milroy, P., Berry, B., Gunstone, R., & Mulhall, P. (2001). Documenting science teachers' pedagogical content knowledge through PaP-eRs. *Research in Science Education*, 31(2), 289-307.
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370–391.
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2008). Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1301-1320.
- Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2012). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*. 2nd Edition. Rotterdam: Sense Publishers.
- Magnusson, S., Krajcik, L., & Borko, H. (1999) Nature, sources and development of pedagogical content knowledge. In J. Gess-newsome, N. Lederman. (Eds.). *Examining pedagogical content knowledge*. (pp. 95-132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Malcolm, S., & Mavhunga, E. (2015). The Development and Validation of an Instrument Measuring Topic Specific PCK in Stoichiometry: Preliminary Findings. In 23rd annual conference of the

- southern african association for research in mathematics, science and technology education, Maputo, Mozambique.
- Manheimer, J. (2010). The effect of multiple scaffolding tolos on the students' understanding, consideration of diferent perspectives, and misconceptions of a complex problem. *Computers & Education*, 54, 360-370.
- Manizade, A., & Mason, M. (2011). Using Delphi methodology to design assessments of teachers' pedagogical content knowledge. *Educational Studies in Mathematics*, 76(2), 183-207.
- Mansour, N. (2013). Modelling the Sociocultural Contexts of Science Education: The Teachers' Perspective. *Research in Science Education*. 43:347–369.
- Marcon, D. (2013). *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. A Integração dos Conhecimentos do Professor para Viabilizar a Aprendizagem dos Alunos*. Caxias do Sul, RS: EducS.
- Maries, A., & Singh, C. (2013). Exploring one aspect of pedagogical content knowledge of teaching assistants using the test of understanding graphs in kinematics. *Physical Review Special Topics: Physics Education Research*, 9(2), 020120.
- Marshman, E. (2015). *Improving the Quantum Mechanics Content Knowledge and Pedagogical Content Knowledge of Physics Graduate Students*. Doctoral dissertation – University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA, USA.
- Martinez, M. (1998). *La investigación cualitativa etnográfica en educación. Manual Práctico – Teórico*. Caracas: Trillas.
- Mavhunga, M., & Rollnick, M. (2013). Improving PCK of Chemical Equilibrium in Pre-service Teachers. *Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 17(1-2), 113-125.
- Maybin, J., Mercer, N, & Stierer, B. (1992). “Scaffolding” learning in the classroom. In K. Norman (Eds.), *Thinking voices: The work of the national oracy project* (pp. 186-195) London: Hodder & Stoughton.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153-191. DOI: 10.1207/s15327809jls1502_1
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2009). Synergy between teacher practices and curricular scaffolds to support students in using domain specific and domain general knowledge in writing arguments to explain phenomena. *Journal of the Learning Sciences*, 18(3), 416-460. DOI: 10.1080/10508400903013488

- McNicholl, J; & Childs, A. (2008). Learning science to teach science: the role of school subject departments in ITE. Paper presented at the Sociocultural Perspectives on Teacher Education and Development' conference, University of Oxford, 7 – 8 April. 1-11.
- McNicholl, J; & Childs, A. (2011). Taking a sociocultural perspective on science teachers' Knowledge. In: Ellis, V; Edwards, A; & Smagorinsky, P. (Eds.) Cultural-Historical Perspectives on Teacher Education and Development: Learning Teaching, 2010. Routledge: Taylor & Francis Group, London and New York.
- Mdachi, S. (2012). Giving Thought to Students' Alternative Conceptions in Stereochemistry: One Teacher's Basis for Pedagogical Content Knowledge Improvement. *Journal of Turkish Science Education*, 9(4), 22-34.
- Meindersma, H., van Dijk, M., Steenbeek, H., & van Geert, P. (2013). Assessment of preschooler's scientific reasoning in adult-child interactions: What is the optimal context? *Research in Science Education*, 44, 215-237. DOI: 10.1007/s11165-013-9380-z
- Melo-Niño, L., Cañada, F., & Mellado, V. (2013). El conocimiento didáctico del contenido que ponen en juego tres profesores de física de bachillerato alrededor de la enseñanza del campo eléctrico. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 2275-2279.
- Melo Niño, L.V., Cañada, F., Mellado, V., Buitrago, A. (2016) Desarrollo del Conocimiento Didáctico del Contenido en el caso de la enseñanza de la Carga Eléctrica en Bachillerato desde la práctica de aula. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13 (2), 459-475.
- Melville, W., Bartley, A., & Fazio, X. (2012). Scaffolding the inquiry continuum and the constitution of identity. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11, 1255-1273. DOI: 10.1007/s10763-012-9375-7
- Mercer, N., & Fisher, E. (1997). The importance of talk. In R. Wegerif & P. Scrimshaw (Eds.), *Computers and talk in the primary classroom* (pp. 13 – 21). Clevedon, England: Multilingual Matters.
- Mercier, A., & Schubauer-Leoni, M. (2000). Vers un modèle de l'action didactique du professeur. A propos de la course à 20. *Recherches En Didactique Des Mathématiques* 20.(3), 263-304.
- Mestad, I; & Dankert, S. (2014). Using the Concept of Zone of Proximal Development to Explore the Challenges of and Opportunities in Designing Discourse Activities Based on Practical Work. *Science Education*, 98 (6), 1054–1076.
- Molenaar, I., Roda, C., Boxtel, C., & Slegers, P. (2012). Dynamic scaffolding of socially regulated learning in a computer-based learning environment. *Computers & Education*, 59, 515 – 523.
- Moreno, A. (2011). Las nuevas competencias para el profesor del siglo XXI. *Revista Cuatrimestral del Consejo Escolar del Estado: Participación Educativa*, 16, 8 – 30.

- Morrison, A., Luttenegger, K. (2015). Measuring Pedagogical Content Knowledge Using Multiple Points of Data. *The Qualitative Report*, 20(6), 804-816.
- Mthethwa-Kunene, E., Onwu, G., & 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.
- Myhill, D., & Warren, P. (2005). Scaffolds or straitjackets? Critical moments in classroom discourse. *Educational Review*, 57, 55-69. DOI: 10.1080/0013191042000274187
- National Council for Accreditation of Teacher Education – NCATE. (2008). *Professional Standards for the Accreditation of Teacher Preparation Institutions*, 2008.
- National Science Teachers Association – NAST. (2012). *Knowledge Base Supporting the 2012 Standards for Science Teacher Preparation*.
- Nilsson, P., & Loughran, J. Exploring the Development of Pre-Service Science Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 23(7), 699-721.
- Nivalainen, V., Asikainen, M., Sormunen, K., & Hirvonen, P. (2010). Preservice and Inservice Teachers' Challenges in the Planning of Practical Work in Physics. *Journal of Science Teacher Education*, 21(4), 393-409.
- Olfos, R., Goldrine, T., & Estrellaa, S. (2014). How Much Is Teachers' Pedagogical Content Knowledge Related to Students' Understanding of Fractions? *Revista Brasileira de Educação*, 9(59), 913-944.
- Orleans, A. (2010). Enhancing Teacher Competence through Online Training. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 19(3), 371-386.
- Özden, M. (2008). The Effect of Content Knowledge on Pedagogical Content Knowledge: The Case of Teaching Phases of Matters. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 8(2), 633-645.
- Padilla, K., Ponce-de-León, A., Rembado, F., & Garritz, A. (2008). Undergraduate professors' pedagogical content knowledge: The case of "amount of substance". *International Journal of Science Education*, 30(10), 1389-1404.
- Padilla, K., & van Driel, J. (2011). The relationships between PCK components: The case of quantum chemistry professors. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(3), 367-378.
- Padilla, K. (2014). El CDC y la formación de profesores. En A. Garrtiz, S. Daza, M, Lorenzo. (Eds.). *Conocimiento Didáctico del Contenido. Una Perspectiva Iberoamericana*. (pp. 172-205). Saarbrücken: Académica Española.
- Palincsar, A. S. (1986). The role of dialogue in providing scaffolded instruction. *Educational Psychologist*, 21(1-2), 73-98. DOI: 10.1080/00461520.1986.9653025

- Palincsar, A. S. (1991). Scaffolded instruction of listening comprehension with first graders at risk for academic difficulty. In A. McKeough & J. L. Lupart (Eds.), *Toward the practice of theory-based instruction* (pp. 50-65). Hillsdale: Erlbaum.
- Parga, D., Mora, W., Martínez, L., Ariza, L., Rodríguez, B., López, J., Jurado, R., & Gómez Y. (2013). *El Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) en Química*. Bogotá: Xpress Estudio Gráfico y Digital.
- Parga, D. & Mora, W. (2014). El PCK, un espacio de diversidad teórica: conceptos y experiencias unificadoras en relación con la didáctica de los contenidos de Química. *Educación Química*, 25(3), 332-342.
- Parga, D., & Moreno-Torres, W. (2017). Conocimiento didáctico del contenido en química orgánica: Estudio de caso de un profesor universitario. *Revista Electrónica Educare*, 21(3), 1-21.
- Parra-Moreno, C., Ecima-Sánchez, I., Gómez-Becerra, M. & Almenárez-Moreno, F. (2010). La formación de los profesores universitarios: una asignatura pendiente de la universidad colombiana. *Educación y Educadores*, 13 (3), 421 – 452.
- Park, S., Chen, Y., & Jang, J. (2008). Developing measures of teachers' pedagogical content knowledge for teaching high school biology. In *International conference of the association for science teacher education*, St. Louis, MI, USA, 2008. St. Louis: ASTE.
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008a). 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.
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008b). National Board Certification (NBC) as a catalyst for teachers' learning about teaching: The effects of the NBC process on candidate Teachers' PCK development. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(7), 812-834.
- Park, S., Jang, J., Chen, Y., & 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.
- 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.
- Patiño, L. (2007). Aportes del enfoque histórico cultural para la enseñanza. *Educación y Educadores*, 10(1), 53 – 60.
- Pawan, F. (2008). Content-area teachers and scaffolded instruction for English language learners. *Teaching and Teacher Education*, 24, 1450-1462. DOI: 10.1016/j.tate.2008.02.003

- Pea, R. D. (2004). The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity. *Journal of the Learning Sciences*, 13, 423-451. DOI: 10.1207/s15327809jls1303_6
- Puntambekar, S., & Hübscher, R. (2005). Tools for scaffolding students in a complex learning environment: What have we gained and what have we missed? *Educational Psychologist*, 40, 1-12. DOI: 10.1207/s15326985ep4001_1
- Prieto, L. (2007): Autoeficacia del profesor universitario. Eficacia percibida y práctica docente. Narcea S. A. Madrid.
- Radford, J., Bosanquet, P., Webster, R., Blatchford, P., & Rubie, C. (2014). Fostering learner independence through heuristic scaffolding: a valuable role for teaching assistants. *International Journal of Educational Research*, 63, 116 -126.
- Ramnarain, U., & Hobden, P. (2014). Shifting South African learners towards greater autonomy in scientific investigations. *Journal of Curriculum Studies*, 47(1), 94-121. DOI: 10.1080/00220272.2014.966153
- Ravanel, E., & López-Cortes, 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.
- Reigosa, C., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2007). Scaffolded problem-solving in the physics and chemistry laboratory: Difficulties hindering students' assumption of responsibility. *International Journal of Science Education*, 29, 307-329. DOI: 10.1080/09500690600702454
- Reiser, B. (2002). Why scaffolding should sometimes make tasks more difficult for learners. In T. D. Koschmann, R. Hall, & N. Miyake (Eds.), *Carrying forward the conversation Proceedings of the International Conference on Computer Support for Collaborative Learning* (pp. 255-264). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Renshaw, P.D. (2003). Community and learning: Contradictions, dilemmas and prospects. *Discourse Studies in the Cultural Politics of Education*, 24(3), 355-370.
- Rickenmann, R. (2007). Metodologías clínicas de investigación en didácticas y formación del profesorado: un estudio de los dispositivos de formación en alternancia. *Científica Sao Pablo*, 9(2), 435-463.
- Rickenmann, R., & Córdoba, A. (2009). L'analyse des pratiques et le pilotage des conduits. *Pensamiento, Palabra Y Obra*, 3(3).
- Rickenmann, R. (2012). Diálogos sobre la investigación de la acción didáctica conjunta: retos y perspectivas. Girona: Documenta Universitaria.

- Rickenmann, R., Angulo, F. y Soto, C. (2012). El museo como medio didáctico. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.
- Rollnick, M., Bennett, J., Rhemtula, M., Dharsey, N., & Ndlovu, T. (2008). The Place of Subject Matter Knowledge in Pedagogical Content Knowledge: A case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1365-1387.
- Rollnick, M., & Mavhunga, E. (2016). Can the Principles of Topic-Specific PCK Be Applied Across Science Topics? Teaching PCK in a Pre-Service Programme. In N. Papadouris, A. Hadjigeorgiou, C. Constantinou. (Eds.). *Insights from Research in Science Teaching and Learning, Volume 2*. (pp. 59-72). Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Rosebery, A. S., Ogonowski, M., DiSchino, M., & Warren, B. (2010). The coat traps all your body heat?: Heterogeneity as fundamental to learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 19, 322-357. DOI: 10.1080/10508406.2010.491752
- Rozenszajn, R., & Yarden, A. (2014b). Expansion of Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge (PCK) During a Long-Term Professional Development Program. *Research in Science Education*, 44(1), 189-213.
- Ruiz, M. (2009). El desafío de los profesores principiantes universitarios ante su formación. En: *El profesorado principiante: Inserción a la docencia*. Barcelona: Octaedro, 294.
- Ruiz-Primo, M. A., & Furtak, E. M. (2007). Exploring teachers' informal formative assesment practices and students' understanding in the context of scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 57-84. DOI: 10.1002/tea.20163
- Sadovsky, P. (2005). La Teoría de las Situaciones Didácticas: un marco para pensar y actuar la enseñanza de la matemática. En Alagia, H. y Bressan, A. *Reflexiones teóricas para la educación matemática*. Libros del Zorzal. Argentina.
- Sainz, M. (2010). Análisis de los gestos didácticos de tres maestras. Estudio de la didáctica bifocal (matemáticas y lengua –euskara–) desde la transposición didáctica en contextos plurilingües. *Ikastaria*, 17, 221-266.
- Sandín, M. P. (2003). *Investigación Cualitativa en Educación. Fundamentos Tradiciones*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Schmelzing, S., van Driel, J., Jüttner, M., Brandenbusch, S., Sandmann, A., & Neuhaus, B. (2013). Development, evaluation, and validation of a paper-and-pencil test for measuring two components of biology teachers' pedagogical content knowledge concerning the "cardiovascular system". *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(6), 1369-1390.

- Scott, P., Asoko, H., & Leach, J. (2007). Student conceptions and conceptual learning in science. In S. K. Abell, & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 1-38). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Seidel, T., & Shavelson, R. J. (2007). Teaching Effectiveness Research in the Last Decade: Role of Theory and Research Design in Disentangling Meta-Analysis Results. *Review of Educational Research*, 77, 454-499. DOI: 10.3102/0034654307310317
- Sensevy, G. (1998). *Institutions didactiques*. Paris: Paris: PUF.
- Sensevy, G. (2007a). Caractérisation des pratiques d'enseignement et détermination de leur efficacité. *La lecture et les mathématiques au cours préparatoire*.
- Sensevy, G. (2007b). Categorías para describir y comprender la acción didáctica, 5–34.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (2007b). Categorías para describir y comprender la acción didáctica. Rennes: PUR.
- Seung, E., Bryan, L., & Haugan, M. (2012). Examining Physics Graduate Teaching Assistants' Pedagogical Content Knowledge for Teaching a New Physics Curriculum. *Journal of Science Teacher Education*, 23(5), 451-479.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Shulman, L.S. (2015). PCK: Its genesis and exodus. En Berry, A., Friedrichsen, P., Loughran, J. (Eds) *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (pp. 3-13). New York: Routledge.
- Smith, D., & Neale, D. (1991). The construction of subject-matter knowledge in primary science teaching. In J. Brophy, J. (Ed.). *Advances in research on teaching*, Vol. 2. (pp. 187-243). Greenwich, CT, USA: JAI.
- Soto, A. (2016). *Co-construcción de conocimiento en un aula de química en educación superior: El papel de la dupla devolución regulación*. Tesis Doctoral. Universidad de Antioquia.
- Stake, R. (1995). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata.
- Staub, F., & Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains: Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 344-355.
- Stone, C. A. (1993). What is missing in the metaphor of scaffolding? In E. A. Forman, N. M. Minick, & C. A. Stone (Eds.), *Contexts for learning. Sociocultural dynamics in children's development* (pp. 169-183). New York: Oxford University Press.

- Stone, C. A. (1998a). The metaphor of scaffolding: Its utility for the field of learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 31, 344-364. DOI: 10.1177/002221949803100404
- Stone, C. A. (1998b). Should we salvage the scaffolding metaphor? *Journal of Learning Disabilities*, 31, 409-413. DOI: 10.1177/002221949803100411
- Strauss, A., & Corbin, J. (1990). Open coding. In: A. Strauss & J. Corbin (Eds.), *Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques* (2nd ed., pp. 101–121). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Sullivan, P. (2002). Issues and directions in Australian teacher education. *Journal of Education for Teaching* 28, 3, 221-226.
- Talanquer, V. (2005). Recreating a Periodic Table: A Tool for Developing Pedagogical Content Knowledge. *The Chemical Educator*, 10(2), 95-99.
- Talanquer, V. (2013). La promesa del conocimiento didáctico del contenido. En Parga, D., Mora, W., Martínez, L., Ariza, L., Rodríguez, B., López, J., Jurado, R., & Gómez Y. (Eds.). *El Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) en Química*. (pp. 9-16). Bogotá: Xpress Estudio Gráfico y Digital.
- Talanquer, V. (2014a). Conocimiento didáctico del contenido y progresiones de aprendizaje. En A. Garrtiz, S. Daza, M. Lorenzo. (Eds.). *Conocimiento Didáctico del Contenido. Una Perspectiva Iberoamericana*. (pp. 206-225). Saarbrücken: Académica Española.
- Talanquer, V. (2014b). Razonamiento pedagógico específico sobre el contenido (RPEC). *Educación Química*, 25(3), 391-397.
- Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 4, 99–110.
- Taylor, S., & Bogdan, R. (1996). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación: la búsqueda de significados*. Barcelona: Paidós.
- Tobin, K., Tippins, D., & Gallard, A. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D. Gabel. (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. (pp. 45-93). New York: Macmillan.
- Turpen, Ch; & Finkelstein, N. (2013). Using a Cultural Historical Approach to Understanding Educational Change in Introductory Physics Classrooms. In: Gordon, W; & Edwards, A. (Eds.) *Pedagogy in Higher Education. A cultural historical approach*. Cambridge University Press.
- Uşak, M. (2009). Preservice Science and Technology Teachers' Pedagogical Content Knowledge on Cell Topics. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 9(4), 2033-2046.

- Valbuena, E. (2007). El conocimiento didáctico del contenido biológico: Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia). Tesis doctoral. Recuperado de: <http://eprints.ucm.es/7731/1/T30032.pdf>
- Valsiner, J., & van der Veer, R. (1993). The encoding of distance: The concept of the zone of proximal development and its interpretations. In R. R. Cockney & K. A. Renninger (Eds.), *The development and meaning of psychological distance* (pp. 35-62). Hillsdale: Erlbaum.
- van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher-student interaction: A decade of research. *Educational Psychology Review*, 22, 271-279. DOI: 10.1007/s10648-010-9127-6.
- van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2012). Promoting teacher scaffolding in small-group work: A contingency perspective. *Teaching and Teacher Education*, 28, 193-205.
- van der Valk, T; & De Jong, O. (2009). Scaffolding science teachers in open-inquiry teaching. *International Journal of Science Education*, 31(6), 829-850.
- Van Driel, J. H., Verloop, N., & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.
- van Geert, P. L. C., & Steenbeek, H. W. (2005). The dynamics of scaffolding. *New Ideas in Psychology*, 23(3), 115-128. DOI: 10.1016/j.newideapsych.2006.05.003
- Verdugo-Perona, J., Solaz-Portolés, J., & SanJose-López, V. (2017). El Conocimiento Didáctico del Contenido en Ciencias. Estado de la cuestión. *Cadernos de pesquisa*, 47(164), 586-611.
- Vernant, D. (1997). *Du discours à l'action*. Paris : PUF.
- Vernant, D. (2004). Pour une logique dialogique de la véridicité. *Cahiers de Linguistique Française*, 26, 87-111.
- Villalobos, A., & Melo, Y. (2008). La formación del profesor universitario: Aportes para su discusión. *Universidades*, LVIII, 39, 3 – 20.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner & E. Souberman (Eds.). Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Vygotsky, L. S. (1991). *Historia de las funciones psíquicas superiores*. La Habana, Editorial Científico técnico.
- Vygotsky, L. S. (1997). *The collected works of L. S. Vygotsky, Vol. 4: The history of the development of higher mental functions* (R. W. Rieber, Vol. Ed; M. J. Hall, Trans.). New York: Plenum Press. (Original work published 1941).
- Waller, L. (2012). *Math Intervention Teachers' Pedagogical Content Knowledge And Student Achievement*. Doctoral Dissertation – Eastern Kentucky University, Richmond, KY, USA.

- Wayne, A., & Youngs, P. (2003). Teachers characteristics and student achievement gains: A review. *Review of Educational Research*, 73, 89-122.
- Wecker, C., Rachel, C., Heran-Dörr, E., Waltner, C., Wiesner, H., & Fischer, F. (2013). Presenting Theoretical Ideas Prior to Inquiry Activities Fosters Theory-Level Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(10), 1180-1206. DOI: 10.1002/tea.21106
- Wertsch, J. V. (1985). *Vygotsky and the social formation of mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wertsch, J. (1991). *Voces de la Mente. Un enfoque sociocultural para el estudio de la Acción Mediada*. Visor. Madrid.
- Winn, J. (1994). Promises and challenges of scaffolded instruction. *Learning Disability Quarterly*, 17(1), 89-104. DOI: 10.2307/1511107
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem-solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 17, 89-100. DOI: 10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x
- Wragg, E., Wragg, C., Haynes, G., & Chamberlin, R. (1998). *Improving Literacy in the Primary School*. London: Routledge.
- Wu, H.K., & Krajcik, J. S. (2006). Inscriptional practices in two inquiry-based classrooms: A case study of seventh graders' use of data tables and graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(1), 63-95.
- Zinchenko, V. P. (1995) Cultural-historical psychology and the psychological theory of activity: Retrospect and prospect. In J. V. Wertsch, P. del Rio, and A. Alvarez, eds. *Sociocultural Studies of Mind*. Cambridge: Cambridge University Press.

Anexos

Anexo 1. Consentimiento informado de participantes



Facultad de Educación

Licenciatura en Educación Básica, énfasis Ciencias Naturales y Educación Ambiental

Formación de Profesores de los Núcleos de Biología, Física, Química y Educación Ambiental, para la transformación curricular.

Profesores responsables:
Dra. Fanny Angulo Delgado
Dr. Carlos Soto Lombana

PROTOCOLO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Le estamos pidiendo muy amablemente su consentimiento para participar en el proyecto de investigación titulado: *“Procesos de construcción de andamiaje para estudiantes, como base de una transformación reflexiva de la práctica docente universitaria”*, cuyo objetivo principal es la formación de profesores con el fin de mejorar en alguna medida su acción docente y la autonomía de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, a partir de constructos conceptuales sobre Andamiaje y la Teoría de Situaciones Didácticas, dirigido por los profesores Fanny Angulo Delgado (investigadora principal) y Carlos Arturo Soto Lombana (Co-investigador), pertenecientes a la Facultad en Educación de la Universidad de Antioquia.

¿Cuál es el propósito de este protocolo de consentimiento?

Este protocolo de consentimiento se da a usted para ayudarle a entender las características de la investigación, de tal modo que usted pueda decidir voluntariamente si desea participar o no. Si luego de leer este documento tiene alguna duda, puede pedir explicación. Se estará a disposición de proporcionar toda la información que necesite para que usted tenga un buen entendimiento de su participación en la investigación.

¿Cuál es el objetivo de la investigación?

Conocer las prácticas y reflexiones que usted como profesor universitario lleva a cabo en sus clases, con el fin de promover autonomía en sus estudiantes.

¿Cuáles son los posibles riesgos?

Esta participación no implica ningún riesgo físico o psicológico para usted. Sus respuestas o sus acciones no le ocasionarán ningún riesgo ni tendrán consecuencias para su situación financiera, su empleo o su reputación.

Confidencialidad del participante.

El Grupo de Investigación GECM se compromete a usar la información ofrecida por Usted con fines estrictamente académicos. No se divulgará ninguna información personal sobre usted. Cuando los resultados de los instrumentos aplicados (entrevista, grabación de clase, instrumento de concepciones sobre enseñanza, aprendizaje y evaluación) se publiquen o se discutan en algún evento académico, no se incluirá información que pueda revelar su identidad. Si es su voluntad, su nombre no será registrado en ninguna parte. Nadie diferente al grupo de investigación tendrá acceso a su información sin su autorización escrita. Si durante el diligenciamiento de esta forma o posterior a ella usted tiene alguna duda puede contactarse con el Candidato a Doctor en Educación: Wilson Javier Parra Angarita, integrante del grupo de investigación, al teléfono 3113377589 o al correo electrónico: wjparraa@gmail.com.

Su participación en esta investigación es voluntaria. Su decisión de participar o no en ésta no afectará sus relaciones actuales o futuras con la Universidad de Antioquia. Si usted decide participar, también es libre retirarse en cualquier momento sin tener ninguna consecuencia para usted. En el momento que solicite información relacionada con la investigación ésta será proporcionada.

Consentimiento del sujeto del estudio.

He leído y escuchado satisfactoriamente las explicaciones sobre esta investigación y he tenido la oportunidad de hacer preguntas. Estoy enterado de los riesgos y beneficios potenciales de participar en este proceso investigativo y sé que puedo retirarme de él en cualquier momento.

Autorizo el uso de la información para los propósitos de este ejercicio. Por lo tanto, estoy de acuerdo en participar en esta investigación.

Nombre del participante: _____

Firma: _____

Número de identificación: _____

Nombre del Investigador Principal: _____

Firma: _____

Fecha: _____

Anexo 2. Transcripciones entrevistas semiestructuradas

a. Entrevista a la profesora Angela

Investigador: ¿Nos puedes contar acerca de su formación y su experiencia como profesora?

Soy bachiller con énfasis en sistemas, me gustaba mucho la programación y las matemáticas, entonces empecé a estudiar Licenciatura en Matemáticas y Física, aunque no me gustaba la parte pedagógica y me enamoré. Soy de la primera cohorte de la Licenciatura 5 años, gran parte del proceso de formación y de la docencia se lo debo a los profesores que me acompañaron en mi carrera. Empecé a ser monitora de los cursos de matemática en Ingeniería aproximadamente en el 2005, luego, me dieron la asesoría de cursos virtuales en Udearropa, allí el trabajo con los estudiantes fue muy interesante y yo la verdad me apasioné. Me gradué en el 2006 y me llamaron para que fuera profesora de matemáticas en ingeniería de sistemas para la Regional de Andes, después pasé a presencial porque en Udearropa hubo un cambio administrativo, En el 2011 me gradué de la Maestría en Educación con énfasis en Ciencias Experimentales y Matemáticas. Hasta ahora he dado todos los cursos de Matemáticas, en la Facultad me dicen que les gusta que inicie con los estudiantes de primer semestre por los procesos que llevo con ellos, eso de ser uno profesor de colegio brinda una experiencia diferente, uno termina adquiriendo unos dotes maternos que sin querer queriendo trae a la universidad porque uno se acerca a preguntar ¿qué te pasa? ¿estás tercereando? Venga, cuénteme yo miro cómo le puedo ayudar, esas dinámicas han hecho que me mantenga mucho en los cursos de álgebra. Actualmente no me dedico a la docencia en la escuela por mi rol de coordinadora académica.

Angela: Durante el semestre, siempre antes del parcial hay una clase de repaso donde les hago a los estudiantes un taller adicional del libro y las asesorías. La interacción ahí es importante con los que llegan porque uno ve lo pertinente que es porque los estudiantes que asisten, no sé si será casualidad o causalidad, pero les va mejor en los resultados de los exámenes.

Investigador: Y, ¿según las experiencias en las asesorías van buenos estudiantes, no tan buenos o de todo?

Angela: Al principio van los buenos, ya cuando van viendo que están perdidos entonces empiezan a ir los que presentan más dificultades, pero ese es el problema, que no hubo un proceso, es ya como porque tengo el examen mañana.

Investigador: Diana, tú tienes una experiencia nada que es muy importante, cuando tú estás en tus cursos, ¿qué ocurre en la clase para que te des cuenta de las dificultades que presentan los estudiantes?

Angela: Porque yo empiezo a hacer preguntas, o les genero situaciones más complejas en las que se involucran varias magnitudes, ahí identifico que se enredan, generalmente intento plantear preguntas en las que haya una toma de conciencia por parte de los estudiantes aunque todo depende del tema en el que estemos trabajando; en el tema de factorización me gusta ir de lo más simple a lo complejo, en ese sentido lo que me gusta hacer es ir monitoreando a cada estudiante de manera individual para identificar errores, también me gusta sacarlos a resolver los ejercicios en el tablero para que ellos expliquen

cómo lo resolvieron, al comienzo les da mucho miedo pero luego ellos se van acostumbrando.

Otro momento es cuando los estudiantes deciden acercarse a las asesorías porque allí se puede validar esa información y verificar si sí se están cumpliendo los objetivos, si les quedó claro y si no volverles a explicar; el problema es que ni el 10% asisten a las asesorías.

Investigador: Y, ¿Cómo determinas que la estrategia es exitosa?

Angela: A veces es muy difícil, yo lo que trato es por lo menos de asegurar uno o dos ejercicios, pero donde lo veo en los exámenes, lamentablemente cuando tengo que hacer la evaluación formal es donde veo si realmente surtió o no efecto, en algunos estudiantes sí, en otros no. A veces yo puedo monitorear cierta parte y trato de hacerle seguimiento a cada uno de ellos, pero al tener que seguir con temas porque el parcial es un día determinado, debo continuar. Esa ha sido una de las dificultades he tenido porque yo no tengo todo el tiempo; si pudiera dedicarle más tiempo que era algo que hacía en la escuela para identificar las dificultades de cada estudiante, pero aquí les pregunto si quedó claro, ellos me afirman y yo trato de creerles en la medida de lo posible, esa es una falencia que he identificado.

He utilizado la estrategia de ponerlos a trabajar en grupo, pero no alcanzaba a responder todas las dudas e inquietudes que los estudiantes tenían. Eso era efectivo para los estudiantes que tenían una que otra pregunta, pero para los estudiantes que tenían más dificultades y que iban más retrasados en el proceso de aprendizaje sentía que era como ir a no hacer nada en el aula, por eso tuve que cambiar esas clases de taller. Otra estrategia es antes del parcial yo les montó exámenes viejos, ellos deben traerlos hechos para mirar las dudas que tuvieron a la hora de resolverlos, así reconocen más o menos la estructura del examen y pueden prepararse mejor, esa estrategia funciona en los estudiantes que son juiciosos, se sientan a realizar el ejercicio y utilizan las clases para resolver las dudas, sí; pero en los estudiantes no hacen, no tanto.

En el programa se sugiere una cantidad de horas estudio autónomo por fuera del aula pero es muy difícil porque los muchachos vienen de un colegio, de un sistema educativo en el que lo que se hace, se hace y ya, entonces a veces ese es el choque y más con un curso de álgebra en el que se empiezan con temas sencillos, ellos en ocasiones subvaloran el curso, dicen: eso es una bobada, yo no voy a estudiar, dediquémonos a otras cosas, entonces toman el curso en serio cuando pierden el parcial, ese punto es crucial.

Investigador: O sea que ¿hay una creencia de base sobre el curso que afectan el rendimiento del estudiante?

Angela: Exacto.

Una sugerencia que nos hacen desde la Facultad de Ingeniería, y que la verdad yo no cumplo, es que los profesores realicemos una tutoría y no una clase, pero el hecho de crearles a los estudiantes esa cultura de que tienen que traer estudiado el tema para mí ha sido muy complicado -hasta en la modalidad virtual-. Entonces es muy difícil para mí no darles la explicación del tema, porque yo pienso que también se pierde la esencia del docente, para mí la labor fundamental en este caso, es poder ser el canal e interpretación del contenido disciplinar, o sea, yo poderles hacer una transposición didáctica del contenido del libro para que ellos puedan entender porque muchas veces los libros de matemáticas siempre presentan ejemplos y los estudiantes no saben qué pasó de un paso al otro.

b. Entrevista al profesor Sergio

Investigador: ¿Nos puedes contar acerca de su formación y su experiencia como profesor?

Sergio: Mi pregrado es en Química Universidad De Antioquia (1996 – 2004)

Desde mis inicios como estudiante empecé a ser monitor en los laboratorios de química, me llamó mucho la atención tener contacto con los estudiantes, estar a cargo de grupos grandes y me esmeraba mucho por ayudarle al profesor para aprender. Antes de graduarme empecé a trabajar en la industria, al año siguiente de graduarme, me presenté a una convocatoria en química y empecé a ser docente.

Cuando empecé mi Maestría en Ciencias Químicas, la facultad de Educación empezó a exigir que sus profesores tuvieran estudios de maestría o estar cursándolos en el 2009, en el 2013 hice mi Doctorado en Ciencias Aplicadas en Chile.

En La educación en la Facultad de Educación he estado a cargo de los cursos de química general, orgánica, química analítica, fisicoquímica bioquímica.

Investigador: ¿Cómo inicias tus cursos?

Sergio: Con la experiencia que tuve el semestre pasado encontré a los muchachos con unas falencias impresionantes, entonces para este semestre cambié, primero lo que voy a hacer, es presentar el programa y luego iniciar con matemáticas, aunque en realidad no me corresponde porque encontré falencias muy grandes.

Este semestre pienso pedir una bitácora en la que cada estudiante consigna sus notas de clase y talleres, pensando en que he encontrado que los estudiantes no hacen los ejercicios.

Al inicio del semestre, los muchachos tienen miedo porque a mí me gusta pasarlos al tablero y para ellos es muy difícil, pero luego ellos se dan cuenta que es necesario.

Investigador: En la pasada al tablero tú observas el razonamiento que el estudiante sigue, ¿intervienes ahí directamente o lo dejas que termine?

Sergio: Depende, a veces me gusta que se equivoquen porque equivocarse también es bueno, otras veces explico el error que cometieron inmediatamente, pero eso depende del tiempo o pasó a otro compañero, porque me he dado cuenta que cuando uno le embarra y está asustado, eso no lo olvida, entonces cuando llega al parcial no vuelve a cometer el error.

c. Entrevista al profesor Fernando

Investigador: ¿Nos puedes contar acerca de su formación y su experiencia como profesor?

Fernando: Yo estaba en el bachillerato pedagógico de la Normal Nacional de barones y antes de entrar al ciclo pensé que no quería ser profesor y me salí de la Normal, terminé bachillerato académico. Entré a estudiar biología en la Universidad de Antioquia, entre el quinto o sexto semestre apareció una invitación para ser monitor y el formato de la monitoría que se tenía en aquel tiempo era que el estudiante monitor recibía a un pequeño grupo de alrededor de seis estudiantes, durante su monitoría, él era como la figura del profesor en ese espacio de laboratorio y cada tres o cuatro laboratorios, los estudiantes se reunían con el profesor titular de la materia a analizar todo lo que habían hecho en los laboratorios, o sea que yo les tenía que realizar las prácticas y dejarlos bien preparados para ese encuentro; eso lo hice hasta el final ya que me gradué y dije “esto de trabajar con

estudiantes es chévere, me gusta”. Apenas me gradué apareció una opción para ser profesor en un colegio en Sabaneta, una provisionalidad, entonces allí estaba yo con el área de Ciencias Naturales: Biología y química en décimo y once, y ética y valores, en ese colegio público estuve un año, de allí estuve en un colegio privado, luego se dio la oportunidad de empezar a trabajar como docente en región para los programas de Regencia de Farmacia y Tecnología de Alimentos, entonces allí en el 2006 empecé con la cátedra de Biología General, también tuve el curso de Microbiología, genética, ecología. Como vi que me estaba desempeñando en el área de la educación, llegó el punto en el que dije: bueno, entonces mi maestría, por responsabilidad con los estudiantes será en educación (2013), en ella trabajé Biología Celular y TICS, en ese momento empecé a dar clases en la Facultad, en el contexto de formación de profesores que es muy diferente a dictar clases a un biólogo, regentes o ingenieros.

Anexo 3. Transcripciones del instrumento Representación del Contenido (ReCo)

Tabla 1.
ReCo de la profesora Angela.

Transcripción	Interpretación	Categoría del PCK vinculada a la respuesta	Elemento del Andamiaje asociado a la respuesta (C, D, TR)	Relaciones entre categorías del PCK
<p>PD: 1. ¿Qué importancia le das al tópico en el curso que impartes?</p> <p>Es un tema que permite tener las bases para poder enfrentarse a aplicaciones y desarrollos conceptuales de las matemáticas. Se convierte en una herramienta para que los procesos algorítmicos y algebraicos que realizarán los estudiantes, puedan ser realizados con mayor facilidad, porque al comprender las propiedades del tema trabajado, puede simplificar los procesos en los próximos conceptos a estudiar.</p>				
<p>PD: 2. ¿Cuáles son los conceptos centrales relacionados al tópico que seleccionaste?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propiedades de los números reales • Exponentes • Leyes de los exponentes • Radicación • Leyes de radicación <p>Exponentes racionales</p>				
<p>PD: 3. ¿Por qué es importante para los estudiantes aprender este</p>	<p>Para la profesora son conceptos relevantes ya que lo considera como el punto de partida y base</p>	<p>OEC y CC</p>	<p>C y TR</p>	<p>OEC → CCE CC → CCE</p>

<p>concepto?</p> <p>Porque es la base para poder comprender otros temas que se trabajan en el curso, y en otras asignaturas que los estudiantes deben cursar a lo largo de su trayectoria por ingeniería.</p>	<p>para comprender otros conceptos que se abordarán en el curso y en otros cursos posteriores en la carrera de ingeniería. De esta forma, la relación de componentes del PCK están centrados desde OEC y CC.</p> <p>En este sentido, el vínculo entre la OEC y CC son relevantes en la acción docente de la profesora, lo que se observa en clase y es una fortaleza que ella manifiesta y se puede relacionar con su experiencia orientando el curso y los conceptos que aborda.</p>			
<p>PD: 4. ¿Qué intentas que aprendan con esta idea?</p> <p>Lo que necesito es que manejen las propiedades y no sólo para casos particulares, sino que puedan generalizar a expresiones algebraicas y otras situaciones que estén un nivel avanzado, por su formación como ingenieros.</p>	<p>Es relevante el vínculo que se plantea entre los componentes del PCK de la OEC y la CCE ya que se busca que los estudiantes no sólo manejen conceptos y propiedades en casos particulares de las matemáticas, sino que se encuentren formas de hacer generalizaciones, desde el rol de ingenieros en formación. En esta perspectiva, se orienta el vínculo existente entre el CC y CCE ya que se tiene un programa planteado bajo ciertas directrices, pero que la profesora intenta moldear para llevar al ingeniero en formación a ser partícipe de su construcción de conocimiento y con esto, conectar tanto la</p>	<p>OEC y CC</p>	<p>C y TR</p>	<p>OEC → CCE CC → CCE OEC → CCtx CC → CCtx</p>

	OEC y el CC con el CCtx; teniendo como referencia que se están formando ingenieros y no físicos o matemáticos o licenciados de ciencias naturales u otros profesionales que necesitan en sus procesos de fundamentación los conceptos algebraicos abordados por la profesora.			
<p>PD: 5. ¿Qué más sabes sobre esta idea que no le enseñes a tus estudiantes?</p> <p>En términos generales, trato de explicarles todo lo concerniente a la temática, con el fin de que tengan las herramientas para poderse enfrentar ante otras situaciones. Para estos el tema trabajado puede tener relación de aplicabilidad en cualquiera de los temas a trabajar en matemáticas y desde el curso sólo se les da la orientación para que puedan hacer inferencias y generalizar los procesos.</p>	<p>En esta respuesta la profesora demuestra el interés que tiene por explicar lo que tiene planeado en el currículo para esta temática en particular. Así, los vínculos de los componentes del PCK que más se relacionan son la OEC y el CC, porque la orientación de la enseñanza de la temática en cuestión está en función del currículo que está programado. En este sentido, el CC se vincula al CCE ya que la profesora afirma que para los estudiantes el tema puede relacionarse con aplicaciones. Esto último lleva a pensar que existe una relación que puede ser muy incipiente entre los componentes de OEC y CCtx. Por último, surge una relación que es relevante entre los componentes de OEC y CEE, donde se plantea que el curso brinda orientaciones para que los estudiantes puedan hacer inferencias y generalizar los procesos.</p>	OEC	C y TR	OEC → CC CC → CCE OEC → CCtx OEC → CEE

<p>PD: 6. ¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas al aprendizaje de este concepto?(estudiantes)</p> <p>En términos generales son las operaciones básicas que se realizan cuando se aplican las propiedades. Los estudiantes se les explican los conceptos y cada una de sus propiedades y reconocen su actuar, pero a la hora de relacionarlo con conocimientos previos, como lo son la suma de fraccionarios, factorización, esto dificulta la comprensión del tema, y es allí donde radican las mayores dificultades de los estudiantes cuando se enfrentan a este tipo de situaciones.</p>	<p>La profesora aquí se centra en las bases conceptuales de los estudiantes a partir de los contenidos que se abordan en clase. En esta dirección, la contingencia que aplica la profesora, inicialmente en términos de diagnóstico, le dan algunas señales acerca de las dificultades en los conceptos previos por parte de los estudiantes. Esta relación inexistente entre los temas que se explican y los conocimientos previos causan un obstáculo para la comprensión de los estudiantes, así como para su construcción de conocimiento.</p>	<p>CCE</p>	<p>C y TR</p>	<p>CCE→CEV CCE→CEV CCE→CEE</p>
<p>PD: 7. ¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza de este concepto? (tus limitaciones)</p> <p>Tener que continuar con otro tema, cuando sé que los estudiantes aún no tienen claro los conceptos o es demasiado rápido y ellos deben continuar con el proceso de construcción de otros temas.</p>	<p>La profesora manifiesta una dificultad respecto al tiempo didáctico (Cronogénesis), que radica inicialmente en la relación que está planteada entre el CC y en la OEC. De esta forma, el tiempo didáctico puede afectar la relación entre OEC y CCE, así como entre OEC y CEV, ya que no hay momento para reflexionar sobre la construcción de conocimiento que se está llevando a cabo.</p>	<p>OEC</p>		<p>OEC → CC OEC → CEV OEC → CCE</p>
<p>PD: 8. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los estudiantes influye en tu enseñanza de este concepto?</p> <p>Se parte de reconocer un nivel de partida en los</p>	<p>El componente CCE es diagnosticado inicialmente teniendo en cuenta las bases conceptuales que los estudiantes se supone que deben tener. En esta dirección, al detectar</p>	<p>CCE</p>	<p>C y TR</p>	<p>CCE → CEV CCE → CEE CCE → CCtx</p>

<p>estudiantes, donde uno como docente cree que el estudiante tiene las bases matemáticas para enfrentarse a situaciones más complejas. Pero muchas veces hay que reflexionar sobre la capacidad que tienen los estudiantes para analizar e interpretar situaciones en otro contexto. Y como algunas veces tienen vacíos conceptuales o hay estudiantes que han dejado de estudiar por largo tiempo, se convierte en una problemática porque ellos se les dificulta establecer relaciones entre los conceptos.</p>	<p>dificultades en relación al planteamiento de situaciones complejas a partir de los conceptos previos, es una problemática, ya que el estudiante sólo podría aprender para el momento y se le dificultaría establecer relaciones entre conceptos, contextos y aplicaciones que deriven de los conceptos vistos en clase.</p>			
<p>PD: 9. ¿Qué procedimientos empleas para que los estudiantes se comprometan con el concepto (analogías, metáforas, ejemplos, demostraciones, reformulaciones, etc.)?</p> <p>Uso las analogías, donde a la luz de un ejemplo que expliqué trato que ellos hagan uno similar, usando la misma estrategia.</p> <p>Se hacen demostraciones de las propiedades con el fin de que conozcan el origen de lo explicado.</p> <p>La clase tiene muchos ejemplos, porque considero que son las herramientas fundamentales que sirven como insumo para el estudio y preparación de los estudiantes.</p> <p>Preguntas orientadoras para conocer cómo están</p>	<p>La variedad en estrategias por parte de la profesora, permite vincular su CEE con el CC, con la CCE, con el CEV, así como con el contexto. Lo anterior, posibilita que el CEE derive una diversidad de posibilidades para que el estudiante comprenda los conceptos abordados por la profesora y éste a su vez sea responsable de su construcción de conocimiento. Una vez, las diferentes estrategias sirven como catalizador para reconocer las relaciones entre conceptos y aplicaciones de otros contextos, es posible que el estudiante reconozca la relevancia que tiene el tema y hasta dónde puede llegar.</p>	<p>CEE y CC</p>	<p>C y TR</p>	<p>CEE → CC CEE → CCE CEE → CEV CEE → CCTx</p>

<p>manejando el concepto y si lo están haciendo de manera adecuada.</p> <p>Situaciones de aplicabilidad en el contexto, porque le permite reconocer la importancia que el tema tiene.</p>				
<p>PD: 10. ¿Qué formas específicas utilizas para evaluar el entendimiento o confusión de los estudiantes sobre el concepto? ¿consideras que esta evaluación le permite reflexionar sobre lo que ha aprendido y cómo lo ha hecho?</p> <p>El programa de ingeniería tiene establecido unas evaluaciones parciales y unos quices. No obstante esto sólo se refiere a la evaluación sumativa. Dentro del aula se emplea procesos de reflexión donde constantemente se realizan preguntas para reconocer las fortalezas y debilidades de los estudiantes. Además algunos estudiantes salen al tablero, con el fin de demostrar su apropiación conceptual y reforzar en sus compañeros lo aprendido.</p> <p>Es posible que algunos estudiantes reflexionen, sin embargo es difícil evidenciarlo por el poco tiempo que hay.</p>	<p>Las relaciones que más se evidencian en las respuestas de la profesora son el CEV y CCE, en primer lugar, en un contexto de evaluación sumativa y que evalúa conceptos en un modelo tradicional. En contraste, la profesora también expresa una relación entre el CEV y CEE, ya que éste último componente lo ve como una oportunidad para reflexionar y reconocer, más que evaluar, respecto a fortalezas y debilidades que presenten los estudiantes en el contexto de aula.</p>	<p>CEV y CCE</p>	<p>C y TR</p>	<p>CEV → CCE CEV → CEE</p>
<p>PD: 11. ¿Cómo esperas que el aprendizaje de este concepto impacte en la vida cotidiana de tus estudiantes? ¿qué haces para que tenga ese impacto?</p>	<p>El impacto que propone la profesora está en términos conceptuales (contenido) más que vivenciales o de la cotidianidad, ya que se refiere a la abstracción y</p>	<p>CCtx</p>	<p>C y TR</p>	<p>CCtx → CEE CCtx → CCE</p>

<p>Cuando trato de relacionarlos con otras situaciones y explicarles la utilidad que este tema tendrá. Además de los procesos de abstracción y asimilación que trato de lograr en el desarrollo de la clase.</p>	<p>asimilación para sumir los conceptos vistos en otros espacios académicos del ingeniero en formación, como por ejemplo cálculo u otras asignaturas donde los fundamentos de los temas que la profesora aborda sean útiles.</p>			
--	--	--	--	--

Tabla 2.
ReCo del profesor Sergio

Transcripción	Interpretación	Categoría del PCK vinculada a la respuesta	Elemento del Andamiaje asociado a la respuesta (C, D, TR)	Relaciones entre categorías del PCK
<p>PD: 1. ¿Qué importancia le das al tópico en el curso que impartes?</p> <p>Equilibrio químico, es el tema central de química analítica, con este concepto se empieza a estudiar y se abren las puertas a toda la maquinaria que es el análisis y estudio de todas las sustancias.</p>				
<p>PD: 2. ¿Cuáles son los conceptos centrales relacionados al tópico que seleccionaste?</p> <p>Proceso 1. ¿Cómo están compuestas las disoluciones acuosas?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Según el grado de disociación, caracteriza las sustancias como 				

<p>electrólitos fuertes, electrólitos débiles y no electrólitos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modelos ácido-base de Arrhenius, Brönsted-Lowry, y Lewis, (ácidos y bases). • Sustancias anfóteras. • Autoprotólisis. Identifica la autoprotólisis del agua y reconoce su tratamiento matemático. • Características de los ácidos y bases. Diferencia la acidez y la basicidad en las sustancias. <p>Proceso 2. ¿En qué consiste el equilibrio químico?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo se interpreta el estado de equilibrio? • ¿Cómo se expresa una constante de equilibrio? • ¿Qué tipos de constantes de equilibrio se utilizan en química analítica? • Identifica la autoprotólisis del agua y reconoce su 				
---	--	--	--	--

<p>tratamiento matemático.</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la importancia de la constante del producto iónico del agua? • ¿Cómo se determinan las constantes y concentraciones de reacciones y analitos de interés? • Principio de Le Chatelier. • ¿Cuáles son las aproximaciones para resolver cálculos de equilibrio? 				
<p>PD: 3. ¿Por qué es importante para los estudiantes aprender este concepto?</p> <p>Primero que todo es un pilar en el estudio de la química.</p> <p>Segundo, lo va utilizar en las siguientes asignaturas, tanto en las químicas com en las biológicas.</p> <p>Tercero, ayuda a interpretar fenómenos físicos y químicos como el intercambio de iones o nutrientes en la célula.</p> <p>Cuarto, es una herramienta fundamental para la aplicación en el análisis de suelos, su composición e interpretación.</p> <p>Quinto, interpreta modelos que se utilizan</p>	<p>Para el profesor son conceptos relevantes ya que los consideras como el punto de partida y base para comprender otros conceptos que se abordarán en el curso y en otros cursos posteriores, no sólo en el área de química. De esta forma, la relación de componentes del PCK están centrados desde OEC y CC.</p> <p>En este sentido, el vínculo entre la OEC y CC es relevante en la acción docente que desarrolla el profesor, lo que se observa en</p>	<p>OEC y CC</p>	<p>C y TR</p>	<p>OEC → CC OEC → CCE OEC → CCtx CC → CCE CC → CEE CC → CCtx</p>

<p>para visualizar reacciones, donde las va a relacionar con las constantes de equilibrio.</p>	<p>clase y es una fortaleza que manifiesta y se puede relacionar con su experiencia orientando el curso y los conceptos que aborda. Además de lo anterior, a partir del contenido curricular y la orientación que el profesor tiene de la enseñanza de las ciencias propone que los temas abordados funcionan para analizar e interpretar cuando éstos se relacionan.</p>			
<p>PD: 4. ¿Qué intentas que aprendan con esta idea?</p> <p>Que el estudiante estructure un modelo y luego lo aplique a situaciones reales como lo es las reacciones en el equilibrio químico.</p>	<p>Es relevante el vínculo que se plantea entre los componentes del PCK de la OEC y la CCE ya que se busca que los estudiantes no sólo manejen conceptos de manera aislada, sino que se encuentren formas de hacer generalizaciones en modelos que usa la química para comprender los fenómenos. En esta perspectiva, se orienta el vínculo existente entre el CC y CCE ya</p>	<p>OEC y CC</p>	<p>C y TR</p>	<p>OEC → CC OEC → CCE OEC → CEE OEC → CCtx CC → CCE CC → CEE CC → CCtx</p>

	que se tiene un programa planteado, pero que el profesor intenta esbozar para llevar al profesor en formación inicial a ser partícipe de su construcción de conocimiento y con esto, conectar tanto la OEC y el CC.			
<p>PD: 5. ¿Qué más sabes sobre esta idea que no le enseñes a tus estudiantes?</p> <p>En este sentido, trato por lo general de explicar lo que más pueda que está en el programa planteado. Sin embargo, podría decir que donde no profundizo, por la misma extensión del programa es en lo siguiente:</p> <p>El efecto del cambio de la temperatura, sobre la constante de equilibrio.</p> <p>Los equilibrios en fases gaseosas.</p> <p>Equilibrios en soluciones no acuosas.</p>	<p>En esta respuesta el profesor demuestra el interés que tiene por explicar lo que tiene planeado en el currículo para esta temática en particular. Así, los vínculos de los componentes del PCK que más se relacionan son la OEC y el CC, porque la orientación de la enseñanza de la temática en cuestión está en función del currículo que está programado. En este sentido, el CC se vincula al CCE ya que la profesor afirma que para los estudiantes el tema puede relacionarse con aplicaciones. Por último,</p>	OEC	C y TR	OEC → CC OEC → CCE

	surge una relación que es relevante entre los componentes de OEC y CCE, donde se plantea que el curso está restringido a unos tiempos y a unas temáticas.			
<p>PD: 6. ¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas al aprendizaje de este concepto?(estudiantes)</p> <p>Que el estudiante no tenga buenas bases de matemáticas y químicas mínimas para el curso.</p>	<p>El profesor aquí se centra en las bases conceptuales de los estudiantes a partir de los contenidos que se abordan en clase. En esta dirección, la contingencia que aplica, inicialmente en términos de diagnóstico, le dan algunas señales acerca de las dificultades en los conceptos previos por parte de los estudiantes. Esta relación inexistente entre los temas que se explican y los conocimientos previos causan un obstáculo para la comprensión de los estudiantes, así como para su construcción de conocimiento.</p>	CCE	C y TR	CCE→CEV CCE→CEE
<p>PD: 7. ¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza de este concepto? (tus</p>	<p>En primer lugar, una dificultad que el profesor manifiesta es que su exceso</p>	OEC	C	OEC → CC OEC → CCE OEC→CEE OEC→CEV

<p>limitaciones)</p> <p>Una dificultad es que uso muchos ejemplos que no tienen conexión, y, al final termino confundiendo los estudiantes, y como limitación puede ser a la pregunta 6 (<i>se refiere a las limitaciones de los estudiantes</i>), y al esforzarme tanto para transmitir el concepto, tiendo a frustrarme y perder la paciencia.</p> <p>También, el tiempo del desarrollo de las temáticas algunas veces es insuficiente para abordar todos los tópicos que ésta requiere.</p>	<p>con las estrategias de enseñanza en algunas oportunidades no es la mejor manera para que los estudiantes comprendan los conceptos abordados en clase.</p> <p>En segundo lugar, el profesor plantea una dificultad respecto al tiempo didáctico (Cronogénesis), que radica inicialmente en la relación que está planteada entre el CC y en la OEC. De esta forma, el tiempo didáctico puede afectar la relación entre OEC y CCE, así como entre OEC y CEV, ya que no hay momento para reflexionar sobre la construcción de conocimiento que se está llevando a cabo.</p>			
<p>PD: 8. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los estudiantes influye en tu enseñanza de este concepto?</p> <p>Sus conocimientos previos. Me parece que adoptar una buena aptitud para realizar</p>	<p>El componente CCE es diagnosticado inicialmente teniendo en cuenta las bases conceptuales que los estudiantes se supone que deben tener. En</p>	<p>CCE</p>	<p>C y TR</p>	<p>CCE → CEV CCE → CEE</p>

diferentes tareas en clase, influye positivamente.	esta dirección, al detectar dificultades en relación al planteamiento de situaciones complejas a partir de los conceptos previos, es una problemática, ya que el estudiante sólo podría aprender para el momento y se le dificultaría establecer relaciones entre conceptos, contextos y aplicaciones que deriven de los conceptos vistos en clase.			
<p>PD: 9. ¿Qué procedimientos empleas para que los estudiantes se comprometan con el concepto (analogías, metáforas, ejemplos, demostraciones, reformulaciones, etc.)?</p> <p>Cuando los estudiantes tienen buenas bases, solo los ejemplos son suficientes, pero, si el estudiante no tiene buenas bases, hay que usar todo el arsenal, como: analogías, metáforas, ejemplos, demostraciones, reformulaciones, presentar videos, llevar modelos moleculares a clase, etc.</p>	<p>La variedad en estrategias por parte del profesor, permite vincular su CEE con el CC, con la CCE, con el CEV. Lo anterior, posibilita que el CEE derive una diversidad de posibilidades para que el estudiante comprenda los conceptos abordados por el profesor y éste a su vez sea responsable de su construcción de conocimiento. Una vez, las diferentes estrategias</p>	CEE y CC	C y TR	<p>CEE ← CC CEE → CCE CEE → CEV CEE ← CCtx CC → CCE CC ← CCtx</p>

	<p>sirven como catalizador para reconocer las relaciones entre conceptos y aplicaciones de otros contextos, es posible que el estudiante reconozca la relevancia que tiene el tema y hasta dónde puede llegar.</p>			
<p>PD: 10. ¿Qué formas específicas utilizas para evaluar el entendimiento o confusión de los estudiantes sobre el concepto? ¿consideras que esta evaluación le permite reflexionar sobre lo que ha aprendido y cómo lo ha hecho?</p> <p>Utilizo mucho preguntar en clase, así los estudiantes me digan que entienden, repito la pregunta varias veces y diseñada de varias formas, también planteo ejercicios, los cuales cada estudiante lo realiza solo o con la ayuda de un compañero que va más aventajado siendo yo un apoyo continuo en la realización, y, por último paso un estudiante al tablero, así realiza el ejercicio y todos lo comparan con lo ya realizado.</p>	<p>Las relaciones que más se evidencian en las respuestas del profesor son el CEV y CCE, en primer lugar, en un contexto de evaluación diagnóstico-formativa, como uno de los principios del andamiaje, que es la contingencia. En contraste, la profesora también expresa una relación entre el CEV y CEE, ya que éste último componente lo ve como una oportunidad para reflexionar y reconocer, más que evaluar, respecto a fortalezas y debilidades que presenten los estudiantes en el contexto de aula.</p>	CEV y CCE	C y TR	CEV ↔ CCE CEV ← CEE CCE ← CEE

<p>PD: 11. ¿Cómo esperas que el aprendizaje de este concepto impacte en la vida cotidiana de tus estudiantes? ¿qué haces para que tenga ese impacto?</p> <p>Como va ser utilizado en cursos más avanzados, les hago entender esa importancia, además, utilizo ejemplos empleados en investigaciones básicas y aplicadas para que puedan ver su uso.</p>	<p>El impacto que propone el profesor está en términos conceptuales (contenido) más que vivenciales o de la cotidianidad, ya que se refiere a la abstracción y asimilación para asumir los conceptos vistos en otros espacios académicos del profesor en formación inicial.</p>	<p>CCtx</p>	<p>C y TR</p>	<p>CCtx→CEE CCtx→CCE CCtx→CC CCtx→CEV</p>
---	---	--------------------	----------------------	--

Tabla 3.
ReCo del profesor Fernando

Transcripción	Interpretación	Categoría del PCK vinculada a la respuesta	Elemento del Andamiaje asociado a la respuesta (C, D, TR)	Relaciones entre categorías del PCK
<p>PD: 1. ¿Qué importancia le das al tópico en el curso que impartes?</p> <p>La variabilidad genética se genera por mutaciones, recombinaciones y alteraciones en el cariotipo (el número, forma, tamaño y ordenación interna de los cromosomas), esta variación permite la evolución de las especies, ya que en cada generación solamente una parte de la población sobrevive y se reproduce transmitiendo características</p>				

<p>particulares a su progenie. Entender este concepto permite a los estudiantes, darle una explicación a la existencia de la biodiversidad y a fenómenos asociados a la alteración de dicha variabilidad como son la selección natural y la deriva genética.</p>				
<p>PD: 2. ¿Cuáles son los conceptos centrales relacionados al tópico que seleccionaste?</p> <p>Mutación, mutágenos, gen, cromosoma, genoma, gametos</p>				
<p>PD: 3. ¿Por qué es importante para los estudiantes aprender este concepto?</p> <p>Que la evolución desde los organismos primitivos hasta los más de dos millones de especies descritas en la actualidad, ha ocurrido gracias a numerosos cambios en la cantidad y calidad del material hereditario (ADN) y que estos cambios seguirán ocurriendo.</p>	<p>El profesor desde el componente de OEC y a nivel curricular (CC) relaciona ambos componentes, con el fin de argumentar que a nivel conceptual el estudiante debe comprender cómo ha sucedido la evolución de los organismos a partir de lo mutable en las propiedades del ADN. En este sentido, los componentes asociados a esta pregunta (OEC y CC) se relacionan directamente con CCE ya que el profesor tiene como meta que los estudiantes</p>	<p>OEC y CC</p>	<p>C y TR</p>	<p>OEC → CCE CC → CCE</p>

	conceptualicen esta información.			
<p>PD: 4. ¿Qué intentas que aprendan con esta idea?</p> <p>Que estructuren el concepto de variabilidad genética como un eje conceptual que les permita comprender y enlazar otros conceptos de materias anteriores y darle una dimensión que les permita entender el mundo natural. Que la biodiversidad es el resultado del cambio y el éxito biológico de algunas formas genéticas resultantes del cambio, y las implicaciones que tendrá en nuestro planeta la modificación artificial de genes</p>	<p>El profesor desde lo que plantea en su programa (CC) y lo que se relaciona con OEC, propone a nivel conceptual llevar al estudiante a comprender y comprometerse con su construcción de conocimiento a partir de bases conceptuales que ya posee. De igual manera, vincula el contexto a partir de las implicaciones que tendrá en el planeta cuando se logre esta estructuración y conceptualización que se propone desde la ciencia.</p>	OEC y CC	C y TR	<p>OEC → CCE CC → CCE OEC → CCtx CC → CCtx</p>
<p>PD: 5. ¿Qué más sabes sobre esta idea que no le enseñes a tus estudiantes?</p> <p>No es que no les enseñe algo en particular, en cada curso aparecen diferentes preguntas por parte de los estudiantes que pueden llevar a tocar diferentes tópicos alrededor de la variación genética; es más, la profundidad que le doy a ciertos temas, cuya presentación no es tan relevante para los objetivos del curso. Hay temas como la señalización y respuesta celular al daño del ADN, reparación de ADN, recombinación, reparación de roturas</p>	<p>A partir de las discusiones (interacción profesor-estudiante) generadas en el aula, el profesor profundiza en lo que particularmente se puede enlazar con el programa, aunque no en todos los casos. Es decir, que el componente de OEC está ligado directamente con el CC y con el CCE, ya que allí es donde surge la relación que busca explicar y/o reforzar conceptos que sean de discusión en clase. Así mismo, el contexto particular de la clase puede</p>	OEC	C y TR	<p>OEC → CC CC → CCE OEC → CEE</p>

<p>cromosómicas y elementos móviles.; también la segregación y transferencia de genomas en bacterias y eucariotas. Y mecanismos y consecuencias de la inestabilidad genética.</p>	<p>mediar para que el profesor profundice y explicita temáticas que no estén directamente en el programa y se puedan abordar según la necesidad de los estudiantes.</p>			
<p>PD: 6. ¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas al aprendizaje de este concepto?(estudiantes)</p> <p>La comprensión de la estructura química de los nucleótidos. Rearreglos cromosómicos Impacto de las mutaciones en el fenotipo.</p>	<p>Lo expresado por el profesor queda en el plano conceptual del estudiante. No manifiesta directamente las ideas previas de los estudiantes, pero se puede inferir que las dificultades en los conceptos o temáticas concretas que menciona el profesor, pueden estar relacionadas con ideas previas inadecuadas.</p>	CCE	C y TR	CC→CCE
<p>PD: 7. ¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza de este concepto? (tus limitaciones)</p> <p>La ausencia de modelos o representaciones dinámicas para presentar algunas ideas como inserción, deleción, aneuploidias, poliploidias, etc.</p>	<p>Lo que argumenta el profesor es que las limitaciones en términos de enseñanza están centradas en términos de los materiales didácticos que están relacionados en alguna medida con las estrategias de enseñanza en conceptos particulares donde no se han desarrollado modelos o representaciones para explicitar con más claridad y rigurosidad.</p>	OEC	C	OEC → CC OEC→CEE CC→CEE
<p>PD: 8. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los</p>	<p>El profesor expresa que las ideas previas son fundamentales</p>	CCE	C y TR	CCE → CEV CCE →CEE CCE → CCtx

<p>estudiantes influye en tu enseñanza de este concepto?</p> <p>Influyen la claridad que tengan sobre el papel de la ADN polimerasa, importancia del proceso de la replicación, proceso de meiosis en los organismos de reproducción sexual, estructura y función del material genético.</p>	<p>para abordar ciertos conceptos. En este sentido, el componente de CCE está estrechamente relacionado con CEE, CEV y CCtx, porque en términos de las estrategias de enseñanza el profesor busca los medios disponibles para trabajar en los conceptos que influyen en su enseñanza en la temática particular. Por parte del CEV la relación está orientada a buscar mecanismos evaluativos que tengan en cuenta dichas ideas previas y finalmente el CCtx puede derivarse en las aplicaciones hipotéticas o no que se discutan en clase, respecto al tema particular.</p>			<p><i>(tener en cuenta la direccionalidad)</i></p>
<p>PD: 9. ¿Qué procedimientos empleas para que los estudiantes se comprometan con el concepto (analogías, metáforas, ejemplos, demostraciones, reformulaciones, etc.)?</p> <p>ejemplos, analogías, demostraciones.</p>	<p>El profesor expresa que usa diferentes estrategias de enseñanza, aunque no profundiza en ellas. Por lo tanto, no es claro en qué momento usa uno u otra y para que concepto en particular. <i>(Esto se puede profundizar con las filmaciones y la entrevista de autoconfrontación → taller, la pregunta, la interacción permanente, la D-R, etc)</i></p>	<p>CEE y CC</p>	<p>C y TR</p>	<p>CEE → CC CEE → CCE CEE → CEV CEE → CCtx</p> <p><i>(tener en cuenta la direccionalidad)</i></p>

<p>PD: 10. ¿Qué formas específicas utilizas para evaluar el entendimiento o confusión de los estudiantes sobre el concepto? ¿consideras que esta evaluación le permite reflexionar sobre lo que ha aprendido y cómo lo ha hecho?</p> <p>Talleres grupales, salidas al tablero a realizar ejercicios, discusiones sobre ejemplos, y examen escrito.</p> <p>Si considero que le permite reflexionar, he realizado evaluación oral y escrita.</p>	<p>Según la respuesta del profesor sus metodologías en términos evaluativos son tradicionales. Sin embargo, cuando propone las discusiones sobre ejemplos es una manera de evaluar muy enriquecedora ya que se pone de manifiesto la dupla D-R (devolución-Regulación), así como los elementos de desvanecimiento y transferencia de responsabilidad (D-TR). Además, se establece una clara relación entre el CEV, el CEE y CCE.</p> <p><i>(Esto se puede profundizar con la entrevista de autoconfrontación y las filmaciones)</i></p>	<p>CEV y CCE</p>	<p>C, D y TR</p>	<p>CEV → CCE CEV → CEE</p> <p><i>(tener en cuenta la direccionalidad)</i></p>
<p>PD: 11. ¿Cómo esperas que el aprendizaje de este concepto impacte en la vida cotidiana de tus estudiantes? ¿qué haces para que tenga ese impacto?</p> <p>Que les permita interpretar cómo los cambios en el material genético en los organismos no solo tiene un impacto a nivel celular, sino a una escala mucho mayor como lo es el ecosistema.</p> <p>Vincular las explicaciones teóricas con eventos que son cotidianos para ellos,</p>	<p>El profesor manifiesta que la escala biomolecular puede extrapolarse hasta una escala de ecosistema. En este sentido, se vincula el CCE con el CCtx y cómo el CEE posibilita establecer una relación con el CCtx, ya que es en esta última interacción donde el estudiante puede visualizar la aplicabilidad de los conceptos abordados en su cotidianidad, con el funcionamiento de los seres vivos, así</p>	<p>CCtx</p>	<p>C y TR</p>	<p>CCtx→CEE CCtx→CCE</p>

que puedan predecir de alguna manera las implicaciones de la variación genética en el funcionamiento de los seres vivos y el ambiente.	como del medio ambiente.			
--	--------------------------	--	--	--

Anexo 4. Transcripciones de episodios de clase

Tabla 4.

Transcripción de los episodios (Ep.) de clase seleccionados de la profesora Angela

Transcripción episodio	Interpretación	Evidencia de relaciones PCK	Evidencia de elementos de Andamiaje
<p style="text-align: center;">(Ep.1) (13” – 48”)</p> <p>Profesora: ¿Quién me dice cómo hallamos la razón? Estudiantes: Con la fórmula profe Profesora: y, ¿cuál es la fórmula? A ver que no es tan difícil la fórmula Estudiantes: a/b Profesora: Más que la fórmula, ¿qué me está diciendo? ¿Qué me está tratando de decir esa fórmula? ¿Que haga qué? Estudiantes: Una división... Profesora: ¿La división de qué? Estudiantes: de dos términos... Profesora: Háblalo en un lenguaje más coloquial que todos lo entendamos Profesora: de dos términos que, ¿qué características tienen? Estudiantes: consecutivos Profesora: son consecutivos</p>	<p>En este episodio se observa que la profesora usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la <i>enseñanza contingente</i> como el cuestionamiento a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante.</p> <p>En alguna medida se observa cómo la profesora busca transferir la responsabilidad e identificar la autonomía del estudiante.</p>	<p>CC → CEE CEV → CCE (hace diagnosis constantemente e en forma de pregunta. Lo que se puede considerar una evaluación a priori) CEE → CCE (una de las estrategias de enseñanza se basa en la pregunta)</p>	<p>-Contingencia -Desvanecimiento (Sin embargo, el estudiante es guiado) -Transferencia de responsabilidad (a medida que la profesora en su discurso reconoce la autonomía del estudiante). Se puede concluir que en este episodio el peso lo adquiere la enseñanza contingente ejecutada por la profesora. Es decir, el elemento de contingencia</p>
<p style="text-align: center;">(Ep.2) (13’ 10” a 29’)</p> <p>Profesora: Vamos a dejar propiedades hasta acá y a hacer unos ejemplos para poder tratar de entender estas propiedades, así puedo ver si sí hubo una comprensión, porque muchas de esas propiedades ustedes ya las conocían, pero lo que estamos haciendo acá es repasar los conceptos para poder profundizarlos e ir aumentando el grado de complejidad de los ejercicios, ¿listo? Empecemos con unos básicos.</p> <p>Vamos hacer este ejemplo, ¿Qué sería tener $(x - y)^2(x - y)^3$? Lo van a hacer cada uno en su cuaderno por favor... Tienen un minutico para hacerlo o menos de un minuto. Esto no se demora nada</p>	<p>En este episodio se observa que la profesora usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la <i>enseñanza contingente</i> como el cuestionamiento a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante.</p> <p>En alguna medida se observa cómo la profesora busca desarrollar el elemento de</p>	<p>OEC → CCE CC → CEE CEE → CCE CEV → CCE</p>	<p>Contingencia 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención</p> <p>Desvanecimiento 1. Respuestas muy breves de los estudiantes. El enriquecimiento topogenético no es identificable porque faltan elementos discursivos.</p> <p>Transferencia de Responsabilidad 1. Aunque la Profesora genera momentos en</p>

<p>Profesora: Sin expandir, sin elevar porque todavía no estamos expandiendo. Porque si los expandes. ¡Ojo con eso! <i>(Esto se lo dice específicamente a un estudiante cuando va caminando por el salón revisando el trabajo de los estudiantes)</i></p> <p>Profesora: Pensemos... ¿qué tenemos $(x - y)^2(x - y)^3$? ¿$x - y$ es qué, la misma base?</p> <p>Estudiantes: Sí</p> <p>Profesora: ¡Ahh! Entonces si es la misma base, ¿qué propiedad aplico, la primera, la segunda, la tercera, la cuarta o la quinta?</p> <p>Estudiante: La primera.</p> <p>Profesora: O sea que, ¿cómo queda ese ejercicio?</p> <p>Estudiante: $(x - y)^5$</p> <p>Profesora: Algunos se pusieron a expandir y no, es más fácil trabajarlo con la propiedad uno, ¿listos? Lo voy a hacer paso a paso: Misma base, sumo los exponentes, por ende, queda $(x - y)^{2+3} = (x - y)^5$ ¿Alguna pregunta? Entonces, eso es lo que quiero muchachos que borren el cassette que ustedes tenían, y es porque ustedes están acostumbrados a elevar términos individuales. Expresiones también pueden llamarse bases.</p> <p>Vamos a hacer otro ejemplo, pero le voy a hacer una modificación para introducir algo importante, ¿listo?</p> $(x^2 - y^2)^5$ <p>Ahí, ¿Qué puedo hacer?</p> <p>Estudiante: Separarlo</p> <p>Profesora: ¿Puedo separarlo?</p> <p>Estudiantes: No.</p> <p>Profesora: ¿Por qué no lo puedo separar?</p> <p>Estudiantes: Porque es una resta</p> <p>Profesora: Y miren que las propiedades solamente están para</p>	<p>desvanecimiento, y también se observa cómo transfiere la responsabilidad e identificar la autonomía del estudiante.</p> <p>Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio se relacionan con la respuesta al diagnóstico (por parte de los estudiantes), así como la comprobación a este diagnóstico y las estrategias de intervención que la profesora ejecuta.</p>		<p>los cuales se transfiera la responsabilidad y se identifique la autonomía del estudiante, las respuestas por parte de los estudiantes son muy breves. El enriquecimiento topogenético no es identificable porque faltan elementos discursivos.</p>
--	---	--	---

multiplicación y división. Pero les quiero recordar algo, aunque este tema todavía no lo hemos visto, ustedes lo manejan, ¿Qué producto notable hay acá? Hay uno que se llama: diferencia de cuadrados que nos dice que, si tenemos un término elevado a una potencia par menos otro término elevado a una potencia par va a ser igual a la raíz cuadrada del primero, menos la raíz cuadrada del segundo.

$$a^2 - b^2 = (a - b)(a + b)$$

O sea que este ejercicio es este producto notable: una diferencia de cuadrados.

O sea que, en este ejercicio, ¿Qué podría hacer?

Estudiantes: $[(x - y)(x + y)]^5$

Profesora: Y, ¿qué propiedad puedo aplicar ya?

Estudiante: La cuarta

Profesora: Y, ¿qué me dice la cuarta?, ¿cómo me quedaría?

Estudiantes: $(x - y)^5(x + y)^5$

Estos comentarios los dice la profesora a un estudiante en particular cuando va revisando al caminar por el salón

Profesora: hasta aquí estás muy bien. Esta parte está perfecta. Lo que pasa es que esto aún no lo he explicado. Te acuerdas que hice un ejemplo y ¿qué ocurría? ¿Tú puedes repartir ese negativo? Pero recuerda algo si el m es mayor a n o n es mayor a m –teniendo en cuenta estas letras como exponentes–

Profesora: el tuyo está perfecto

Profesora: si usted no encierra eso en paréntesis está diciendo que y está a la 4 y que la y está a la 5. ¿Si ve las diferencias?

Profesora: Vamos a hacer un último ejercicio.

$\frac{(x^2 - y^2)^2}{(x - y)^2}$ <p>Aquí hay que aplicar varias cositas. Como ayuda arriba, ¿qué hay que hacer? (<i>La profesora selecciona en el tablero que hay que recurrir la diferencia de cuadrados $a^2 - b^2 = (a - b)(a + b)$ que se explicó con anterioridad.</i>)</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p><i>La profesora al revisar cómo los estudiantes llegan a la solución, hace la siguiente observación a un estudiante particular cuando revisa en clase:</i></p> <p>Profesora: necesito que te fijes en la parte de abajo que tienes un error. En la parte de arriba está perfecto. ¿Qué dijiste que era el denominador? Un producto notable. Y, ¿sí es un producto notable? Ahhh ves, porque no tiene cuadrados.</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>$(x + y)^2$ ¿Les dio a todos? ¿Alguien tiene dificultad o cree que todavía no entendió algo?</p>			
<p>(Ep.3) (21'30"-23'30")</p> <p>Profesora: Vamos a hacer este otro:</p> $\frac{(3x - y)^4}{(3x - y)^5}$ <p>Profesora: ¡Listo! La respuesta es $\frac{1}{3x-y}$, ¿alguien no entendió por qué?</p> <p>Estudiante 1: Yo no sabía ni cómo desarrollarlo</p> <p>Profesora: Ah bueno, por favor, alguien que le explique al compañero, cómo se hace ese ejercicio</p> <p>Estudiante 2: Se hace con la quinta propiedad porque 5 es mayor que 4 entonces se aplica eso de que $\frac{1}{a^{n-m}}$</p>	<p>En este del episodio se transfiere la responsabilidad a uno de los estudiantes (estudiante 2), con el fin de que explique a su par uno de los ejercicios que se está discutiendo. En este sentido, el estudiante 2 que explica cómo se realiza el ejercicio muestra un</p>	<p>CC → CEE CC → CCE CEE → CCE (esta relación de componentes subyace específicamente en el elemento de Desvanecimiento, así como la transferencia de responsabilidad. Este</p>	<p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Desvanecimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Respuestas muy breves de los estudiantes. El enriquecimiento topogenético no es identificable porque faltan elementos discursivos.

<p>Profesora: ¿Quién más quiere decir otra cosa? Lo que dijiste está bien, sólo falta explicar por qué aplicaste la propiedad cinco.</p> <p>Estudiante 3: tenemos arriba y abajo la misma base entonces se restan los exponentes.</p> <p>Profesora: Es decir, sin importar... que uno esté en el celular mientras la profesora está explicando... Entonces pasa que como tengo la misma base puedo aplicar la propiedad, si estuviera sumando no podría aplicar el ejercicio, pero ahora, ¿ves que sí?</p>	<p>enriquecimiento topogénético epistémico, ya que está relacionado con el saber (significados institucionales). Según el episodio, se tienen en cuenta momentos en los cuales se ponen en juego elementos conceptuales y argumentativos por parte del estudiante 2 que está explicando a su par (estudiante 1). De esta forma, se observa la respuesta al diagnóstico por parte del estudiante, así como la comprobación por parte de la profesora.</p>	<p>elemento es efectivo siempre y cuando se haga de manera contingente)</p>	<p>Transferencia de responsabilidad</p> <p>1. Aunque la Profesora genera momentos en los cuales se transfiera la responsabilidad y se identifique la autonomía del estudiante 2, en este caso particular; las respuestas por parte del estudiante son breves, pero permiten evidenciar en alguna medida el enriquecimiento topogénético y los elementos discursivos desarrollados en el episodio.</p>
<p style="text-align: center;">(Ep.4) (35' a 46')</p> <p>Profesora: Ahora, vamos a hacer otra generalización y vamos a llamarla la propiedad número seis. ¿Qué pasa si yo tengo $\frac{a^n}{a^n}$, vamos a utilizar la propiedad cinco para demostrar esta seis. Si yo tengo un término sobre otro término, esa división, ¿a qué es igual?</p> <p>Estudiantes: A uno.</p> <p>Profesora: pero por la propiedad cinco, esto sería $a^{n-n} = 1$ y, $n-n$ ¿a cuánto es igual?</p> <p>Estudiantes: Cero.</p> <p>Profesora: $a^0 = 1$ De ahí viene que todo número o expresión elevado a la cero da uno, es por eso. Miremos estos ejemplos: ¿Qué sería tener $(a + b)^0$?</p> <p>Estudiantes: Uno (1).</p> <p>Profesora: ¿Qué sería tener $(\frac{3}{2})^0$?</p> <p>Estudiantes: Uno (1).</p>	<p>En este episodio se observa que la profesora usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la <i>enseñanza contingente</i> como el cuestionamiento a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante. En alguna medida se observa cómo la profesora busca desarrollar el elemento de desvanecimiento, y también se</p>	<p>CC → CEE CC → CCE CEE → CCE</p>	<p>Contingencia</p> <p>1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención</p> <p>Desvanecimiento</p> <p>1. Respuestas muy breves de los estudiantes. El enriquecimiento topogénético no es identificable porque faltan elementos discursivos.</p> <p>Transferencia de Responsabilidad</p> <p>1. Aunque la Profesora genera momentos en los cuales se transfiera la responsabilidad y se</p>

<p>Profesora: ¿Qué sería tener $(\frac{3x+2y}{5x-y})^0$?</p> <p>Estudiantes: Uno (1).</p> <p>Profesora: No importa la expresión, absolutamente siempre eso va a ser uno.</p> <p>Profesora: Hasta el momento hemos trabajado con exponentes positivos, ahora vamos a trabajar los exponentes negativos. ¿Qué pasa si yo tengo a^{-n}?</p> <p>Estudiantes: $\frac{1}{a^n}$</p> <p>Profesora: Básicamente lo que ocurre es que, para efectos de la simplificación en las expresiones aritméticas y algebraicas, no es normal que nosotros encontremos exponentes negativos, es necesario que sepan que las expresiones con exponentes negativos adoptan estas mismas propiedades. Vamos a ver ejemplos:</p> <p>¿Qué sería tener $(\frac{2}{3})^{-1}$? Vamos a aplicar la definición para que generalicemos. Por definición esto es $\frac{1}{\frac{2}{3}}$, como el 1 está sin fracción, le ponemos un 1 de denominador y aplicamos la ley de extremos por medios y eso es igual a $\frac{3}{2}$. ¿Qué ocurre? Explicame, ¿qué ocurrió?</p> <p>Estudiante 4: Se invirtió el numerador con el denominador.</p> <p>Profesora: Y, ¿Qué pasó con el exponente?, ¿cómo quedó?</p> <p>Estudiante 4: Positivo.</p> <p>Profesora: Qué pasaría entonces si yo tengo $(\frac{2}{3})^{-2}$. Por propiedad sería $\frac{1}{(\frac{2}{3})^2}$ y eso, $\frac{1}{\frac{4}{9}}$, aplicamos ley de extremos y medios y queda $\frac{9}{4}$. Entonces qué ocurrió, se invirtieron y se elevaron a la 2, positivo. Para que generalicemos, cada que tengamos $(\frac{x}{y})^{-n}$ ¿a qué va a ser igual?</p> <p>Estudiantes: a $(\frac{y}{x})^n$</p> <p>Profesora: De ahora en adelante, cada que tengamos una expresión con un exponente negativo, es como si la razón que tenemos se convierte a la razón</p>	<p>observa cómo transfiere la responsabilidad e identificar la autonomía del estudiante.</p> <p>Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio se relacionan con la respuesta al diagnóstico (por parte de los estudiantes), así como la comprobación a este diagnóstico y las estrategias de intervención que la profesora ejecuta.</p>		<p>identifique la autonomía del estudiante, las respuestas por parte de los estudiantes son muy breves. El enriquecimiento topogenético no es identificable porque faltan elementos discursivos.</p>
---	---	--	--

<p>inversa. Ahora sí vamos a hacer algunos ejemplos, porque como les dije que se asumían las mismas propiedades, ustedes me van a hacer estos ejercicios</p> $2^{-1} \cdot 2^{-2} \quad (2x)^{-2}$ $\frac{(x+1)^{-3}}{(x+1)^{-4}}$ <p>Vamos a hacerlos para los que no lo tienen claro porque les voy a poner unos de un nivel más complejo. Vamos a mirar, $2^{-1} \cdot 2^{-2} = 2$ ¿misma base?</p> <p>Estudiantes: Sí.</p> <p>Profesora: ¿Qué hago con los exponentes?</p> <p>Estudiantes: Se suman</p> <p>Profesora: $-1 + (-2)$. Muchachos, no implica que ustedes tengan que hacer esto en el examen, yo lo estoy dejando indicado es para que entiendan cuál es la propiedad, pero yo básicamente podría decir 2^{-3} que es...</p> <p>Estudiante 5: $\frac{1}{2^3}$</p> <p>Profesora: Que es $\frac{1}{8}$. Con $(2x)^{-2}$, muchachos por favor respeten los paréntesis, ese fue un error común que vi cuando pasé por algunos de los puestos, me ponían $\frac{1}{3x^2}$, ¿eso es correcto?</p> <p>Estudiantes: No</p> <p>Profesora: ¿Así qué estaría elevado aquí únicamente a la 2?</p> <p>Estudiantes: La x</p> <p>Profesora: Entonces tiene que tener el paréntesis $\frac{1}{(3x)^2}$ para que lo tengan en cuenta. Si lo desarrollamos queda $\frac{1}{9x}$. Y este $\frac{(x+1)^{-3}}{(x+1)^{-4}}$, tiene la misma base, se está dividiendo, ¿Qué hacemos con los exponentes?</p> <p>Estudiantes: Se restan.</p> <p>Profesora: Entonces, $(x + 1)^{-3-(-4)}$ ¿Qué pasa con el menos por menos?</p> <p>Estudiantes: Da más.</p> <p>Profesora: O sea que esto queda: $(x + 1)$. ¿Alguna pregunta de estos tres</p>			
---	--	--	--

ejercicios, sobre todo del último que fue como el que más dificultad les dio?			
<p style="text-align: center;">(Ep.5) (2'30"- 7'35")</p> <p>Profesora: ¿Listo, muchachos? Ahora vamos a aumentar el grado de complejidad de los ejercicios aplicando todas las propiedades que hemos visto hasta el momento. Vamos a arrancar con este:</p> $\frac{3^{-1} + 2^{-1}}{2^{-1} - 3^{-1}}$ <p>Este lo hice adrede porque tiene algo adicional que no hemos trabajado que son operaciones de suma y resta, así que, mucho cuidado con lo que me van a hacer.</p> <p>¿Qué se les ocurre? Veo a algunos compañeros que están en blanco. De todas las propiedades que hemos visto, ¿cuál es la única que podemos aplicar?</p> <p>Estudiante 6 (Isabel): La del exponente negativo.</p> <p>Profesora: Bueno, Isa nos va a colaborar haciéndolo. Explícales.</p> <p>Isabel: Lo que yo comencé haciendo fue invertir, o sea aplicando la propiedad de los exponentes negativos, así,</p> $\frac{1}{3} + \frac{1}{2}$ $\frac{1}{2} - \frac{1}{3}$ <p>Profesora: ¿Listo? Y Luego hacemos la operación de fraccionarios.</p> <p>Isabel: Yo sumo así,</p> $\frac{2 + 3}{3 - 2}$ $\frac{6}{6}$ <p>Profesora: Lo que ella hace es el mínimo común múltiplo, es bueno que vayan aprendiendo porque cuando lleguemos a fracciones racionales lo vamos a necesitar.</p> <p>Isabel: Bueno,</p>	<p>En este episodio se observa que la estudiante 6 (Isa) demuestra enriquecimiento topogénético de tipo epistémico y cognitivo, ya que manifiesta el manejo de herramientas conceptuales para solucionar de manera correcta un ejercicio que propone la profesora. En esta dirección desde lo cognitivo participa en un determinado proceso de estudio (significados personales). Aquí entran expresiones y formas de interpretar los contenidos por parte de la estudiante. Mientras que desde lo epistémico está relacionado con el saber (significados institucionales). Se tienen en cuenta momentos en los cuales se ponen en juego elementos conceptuales y argumentativos por parte del estudiante 6 (Isabel).</p>	<p>CC → CCE CC → CEE CEE → CCE (esta relación de componentes subyace específicamente en el elemento de Desvanecimiento, así como la transferencia de responsabilidad. Este elemento es efectivo siempre y cuando se haga de manera contingente)</p> <p>CEV → CCE</p>	<p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Desvanecimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Respuestas muy breves de los estudiantes. El enriquecimiento topogénético no es identificable porque faltan elementos discursivos. <p>Transferencia de responsabilidad</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aunque la Profesora genera momentos en los cuales se transfiera la responsabilidad y se identifique la autonomía de la estudiante Isabel, en este caso particular; las respuestas por parte del estudiante son breves, pero permiten evidenciar en alguna medida el enriquecimiento topogénético y los elementos discursivos desarrollados en el episodio.

$\frac{5}{\frac{1}{\frac{1}{6}}}$ <p>Y aplico ley de extremos,</p> $\frac{30}{6} = 5$			
<p style="text-align: center;">(Ep.6) (7' 45" – 18' 50")</p> <p>Profesora: Bueno, vamos a hacer otro parecido para ver si sí entendieron</p> $\frac{a^{-2} + a^{-1} \cdot b^{-1}}{a^{-2} - a^{-1} \cdot b^{-1}}$ <p>En el vacacional este fue un punto del parcial y ha caído en varios exámenes, vamos a ver qué tal están ustedes.</p> <p>Profesora: ¿Qué te dio?</p> <p>Estudiante 7: $\frac{ab+a^2}{ab-a^2}$</p> <p>Profesora: Saca factor común que es lo único que te falta, pero ¡muy bien!</p> <p>Profesora: Bueno muchachos, lo voy a hacer con ustedes, algunos ya lo cogieron, otros todavía tienen dificultades, pero sobre todo les quiero mostrar el error conceptual que están cometiendo para que lo puedan corregir. Algunos me han simplificado $a^{-1} \cdot b^{-1}$ del numerador, con $a^{-1} \cdot b^{-1}$ del denominador, ¡eso no se puede hacer! Porque en el numerador, esta expresión se le está sumando y en el denominador, se le está restando, ¡Ojo con eso! Lo único que puedo hacer entonces es aplicar la definición de exponente negativo, entonces queda,</p> $\frac{1}{a^2} + \frac{1}{a} \cdot \frac{1}{b}$ $\frac{1}{a^2} - \frac{1}{a} \cdot \frac{1}{b}$ <p>Hasta ahí, ¿alguna pregunta? Miren que lo único que hice fue aplicar la propiedad. Recuerden la jerarquía de las operaciones, en ese orden ¿qué prima?</p> <p>Estudiantes: Multiplicación.</p>	<p>En este episodio se observa que la profesora usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la <i>enseñanza contingente</i> como el cuestionamiento a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante.</p> <p>En alguna medida se observa cómo la profesora busca desarrollar el elemento de desvanecimiento, y también se observa cómo transfiere la responsabilidad e identificar la autonomía del estudiante.</p> <p>Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio se relacionan con la respuesta al diagnóstico (por parte de los estudiantes), así como la comprobación a este diagnóstico y las estrategias de intervención que</p>	<p>CC → CEE CC → CCE CEE → CCE (esta relación de componentes subyace específicamente en el elemento de Desvanecimiento, así como la transferencia de responsabilidad. Este elemento es efectivo siempre y cuando se haga de manera contingente)</p>	<p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Desvanecimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Respuestas muy breves de los estudiantes. El enriquecimiento topogenético no es identificable porque faltan elementos discursivos. <p>Transferencia de Responsabilidad</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aunque la Profesora genera momentos en los cuales se transfiera la responsabilidad y se identifique la autonomía del estudiante, las respuestas por parte de los estudiantes son muy breves. El enriquecimiento topogenético no es identificable porque faltan elementos discursivos.

<p>Profesora: Entonces lo primero que voy a hacer es el producto de estos dos términos, o sea que me queda,</p> $\frac{1}{a^2} + \frac{1}{ab}$ $\frac{1}{a^2} - \frac{1}{ab}$ <p>Listo, ¿qué puedo hacer? Entonces me dicen: cancelo este ($\frac{1}{ab}$ del numerador) con este ($\frac{1}{ab}$ del denominador), que recuerden, no se dice cancelar sino simplificar, ¿sí se puede o no?</p> <p>Estudiante 1: No</p> <p>Profesora: ¿Por qué?</p> <p>Estudiantes: Por la suma y la resta</p> <p>Profesora: Entonces ya hagamos la operación, se puede hacer como lo hizo Isabel con el mínimo común múltiplo, yo no lo voy a hacer así para no enredarnos</p> $\frac{ab + a^2}{a^3b}$ $\frac{ab - a^2}{a^3b}$ <p>Los mismos denominadores se...</p> <p>Estudiantes: Cancelan</p> <p>Profesora: Se simplifican, no me digan cancelan, se cancela cuando se suma y se resta. ¿Usted cómo cancela una cuenta en el banco? Tienen que aprender a hablar bien. Listo muchachos, esto queda</p> $\frac{ab + a^2}{ab - a^2}$ <p>Hasta acá vi que llegaron, cuál fue el paso que les faltó a algunos, aunque yo sé que todavía no hemos trabajado factorización, ustedes ya saben factorizar.</p> <p>En el numerador y en el denominador, factor común y queda</p> $\frac{a(b + a)}{a(b - a)}$ <p>Como tenemos la misma base...</p> <p>Estudiante 5: Se cancela</p> <p>Profesora: Se simplifican las a o...</p> <p>Estudiante 5: Se cancela</p>	<p>la profesora ejecuta.</p> <p>También se evidencia que el estudiante 7 demuestra enriquecimiento topogenético de tipo epistémico y cognitivo.</p> <p>Dentro de la acción docente de la profesora, se observa que aprueba y valida (como gestos didácticos) el trabajo del estudiante 7 cuando camina por el salón revisando el trabajo de cada uno de los estudiantes.</p>		
--	--	--	--

<p>Profesora: No se cancelan, hágale pues, cuando le cancele la materia, hablamos.</p> <p>Entonces la respuesta queda</p> $\frac{b + a}{b - a}$ <p>Por favor revisen bien los ejercicios, que como les dije es muy probable que pueda volver a caer, este problema ha caído muchas veces en los exámenes.</p>			
<p style="text-align: center;">(Ep.7) (2' 30" – 7' 30")</p> <p>Profesora: Bueno, parece que todo lo que vimos la clase pasada, a muchos se les olvidó. Si pasé puesto por puesto y trabajé propiedad por propiedad, mi pregunta es ¿Qué pasó?</p> <p>Vamos a hacerlo paso por paso porque yo necesito que esto les quede muy claro porque este tipo de ejercicios son herramientas fundamentales para una clase de cálculo diferencial; si ustedes no saben simplificar expresiones, se les va a dificultar los procesos algebraicos. ¿Qué es lo primero que les dije que se hacía? Uno trata de mirar desde lo más interno hasta lo más externo, muchos lo hicieron, entonces así quedaría expresado</p> $\left[\left(\frac{X^{a^2-b^2}}{a^3-ab^2} \right)^{\frac{1}{a}} a^{3(a+b)} \right]^n$ <p>¿Cuál sería el siguiente paso a seguir? Hay varios pasos, vi que algunos restaron los exponentes de una vez. Yo que tengo más experiencia miro a qué está elevada la X del denominador y simplifico sacando factor común</p> $\left[\left(\frac{X^{a^2-b^2}}{a(a^2-b^2)} \right)^{\frac{1}{a}} a^{3(a+b)} \right]^n$ <p>Simplifico las a del exponente, entonces queda</p> $\left[\left(\frac{X^{a^2-b^2}}{X(a^2-b^2)} \right)^{\frac{1}{a}} a^{3(a+b)} \right]^n$	<p>En este episodio se observa una relación directa entre el CEE y el CCE, teniendo en cuenta que el elemento del andamiaje que genera con más frecuencia la profesora es la contingencia.</p> <p>Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio se relacionan con la respuesta al diagnóstico (por parte de los estudiantes), así como la comprobación a este diagnóstico y las estrategias de intervención que la profesora ejecuta.</p>	<p>OEC→CC OEC→CCE CEE →CCE</p> <p>En este episodio se observa una relación directa entre el CEE y el CCE, teniendo en cuenta que el elemento del andamiaje que genera con más frecuencia la profesora es la contingencia.</p>	<p>1. Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio la profesora es sujeto protagónico de la clase, ya que el rol asumido por ella se caracteriza por ejecutar la enseñanza contingente.</p>

<p>Luego, hacemos lo que hicimos con el ejercicio ocho, y quedaría</p> $[(Xa^2 - b^2 - a^2 + b^2)^{\frac{1}{a}} a^{3(a+b)}]^n$ <p>Aquí si puedo cancelar: a^2 se me va con a^2, b^2 con b^2 y X me queda a la cero, así</p> $[(x^0)^{\frac{1}{a}} a^{3(a+b)}]^n$ <p>Entonces, ¿Todo número elevado a la cero qué da?</p> <p>Estudiantes: Uno</p> <p>Profesora: Uno elevado a cualquier expresión, ¿qué da?</p> <p>Estudiantes: Uno</p> <p>Profesora: O sea, esta expresión $(x^0)^{\frac{1}{a}}$ nos va a dar uno. Entonces esto va a quedar</p> $[a^{3(a+b)}]^n$ <p>Y, por último, multiplico los exponentes</p> $a^{3n(a+b)}$ <p>Y llegué a la respuesta. ¿Muy difícil? ¿Muy horrible? Es que muchachos, es sencillo, pero y sueno cantaleto, me van a perdonar, pero se tienen que sentar hacer las cosas, no vengán acá traigan dudas, pero si usted ni siquiera lo intenta, el día del examen se va a bloquear. Muchachos, ojo, necesito que practiquen, si les dejo un número de ejercicios es para que los hagan, porque ¿ustedes se imaginan haciendo todos estos ejercicios para uno o dos días antes del parcial? Hoy -por ejemplo- me hubiera dedicado a resolver dudas.</p>			
<p style="text-align: center;">(Ep.8) (5' 58" – 6' 45")</p> <p>Profesora: Vamos a empezar el tema que nos falta que es Racionalización. ¿Quién sabe qué es racionalizar?</p> <p>Estudiante 1: Eliminar las raíces.</p> <p>Profesora: Eliminar las raíces del denominador. Ese es el objetivo, ¿por qué? Digamos que por simplificación, para tener una mejor estructura. Las respuestas en matemáticas - por ejemplo, en potenciación y radicación- no se debe dejar exponentes negativos, esa es una regla, otra es que las raíces,</p>	<p>En este episodio se observa que la profesora usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la <i>enseñanza contingente</i> como el cuestionamiento a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol</p>	<p>OEC→CC CC→CEE CC→CCE CEE→CCE</p>	<p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio la profesora es sujeto protagónico de la clase, ya que el rol asumido por ella se caracteriza por ejecutar la</p>

<p>no deben quedar en el denominador. Si se deja así no significa que esté mal la respuesta, pero cuando ustedes vean cálculo diferencial y vayan a hacer límites, se van a encontrar con que la única manera de eliminar las indeterminaciones es haciendo racionalización. Vamos a tener mucho cuidado a este tema.</p> <p>Listo, vamos a empezar entonces con un ejemplo, voy a partir de los ejemplos para construir este concepto; el típico ejemplo que trabajaron en décimo:</p> $\frac{1}{\sqrt{2}}$ <p>¿Qué hago yo para eliminar la raíz cuadrada?</p> <p>Estudiantes: Multiplico.</p> <p>Profesora: Multiplico arriba y abajo por la misma expresión. Porque miren:</p> $\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{4}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ <p>O sea, esta expresión $\frac{1}{\sqrt{2}}$ junto a esta $\frac{\sqrt{2}}{2}$ son completamente iguales.</p> <p>Vamos a ver si sí me entendieron, vamos a hacer este</p> $\frac{2}{\sqrt{3}}$ <p>¿Cuál es el factor racionalizador?</p> <p>Estudiantes: $\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}}$</p> <p>Profesora: Entonces eso quedaría:</p> $\frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{9}} = \frac{2\sqrt{3}}{3}$	<p>activo del estudiante.</p> <p>En alguna medida se observa cómo la profesora busca transferir la responsabilidad e identificar la autonomía del estudiante.</p>		<p>enseñanza contingente.</p>
<p>(Ep.9) (0 a 9' 11") ASESORÍA</p> <p>Simplifique completamente</p> $\frac{(m+n)^{-1} - (m-n)^{-1}}{(m+n)^{-1} + (m-n)^{-1}}$ <p>Estudiante: Voy a intentar hacer ese que estaba haciendo, pero una pregunta: ¿yo podría invertirlo?</p> <p>Profesora: No</p> <p>Estudiante: ¿Solamente es cuando se está multiplicando?</p> <p>Profesora: Exacto</p>	<p>Se observa en el episodio que la estudiante regula su aprendizaje con la guía de la profesora. Así mismo, se observa el enriquecimiento topogenético cognitivo y epistémico de la estudiante. Los componentes del</p>	<p>CC→CCE CC→CEE CEE→CCE CEV→CCE</p>	<p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio la profesora es sujeto protagónico de la clase, ya que el rol asumido por ella se caracteriza por ejecutar la</p>

<p>Estudiante: Listo, entonces ahí sí me tocaría</p> $\frac{\frac{1}{m+n} - \frac{1}{m-n}}{\frac{1}{m+n} + \frac{1}{m-n}}$ <p>Cierto que como son diferentes... Pues está restando...</p> <p>Profesora: ¿Qué caso de factorización es?, ¿recuerdas que es el único que les expliqué en clase?</p> <p>Estudiante: ¿Cuál?</p> <p>Profesora: $m+n$ y $m-n$</p> <p>Estudiante: ¿Usted nos lo explicó?</p> <p>Profesora: Sí, yo lo puse por allá en una nubecita roja porque lo necesitábamos la clase pasada.</p> <p>Estudiante: No lo recuerdo Pero entonces por ejemplo acá hay que hacerlo porque no tienen la misma base, entonces esto se cancelaría</p> <p>Profesora: Entonces ¿qué queda?</p> <p>Estudiante: Quedaría m al cuadrado menos n al cuadrado</p> $\frac{\frac{m-n - (m+n)}{m^2 - n^2}}{\frac{m-n + m+n}{m^2 - n^2}}$ <p>Profesora: ¿Cómo se llama ese caso de factorización? Sí mira, un signo y signo contrario, pero es la misma expresión y qué te queda, el primero al cuadrado menos el segundo al cuadrado, es una diferencia de cuadrados.</p> $\frac{\frac{m-n - m-n}{m^2 - n^2}}{\frac{m-n + m+n}{m^2 - n^2}}$ <p>Lo que uno hace aquí es tratar de simplificar y mirar qué términos se cancelan.</p> <p>Estudiante: Por ejemplo, estos 2 y quedaría $-2n$ y aquí se cancelan estos dos y quedaría $2m$. Entonces esto va a ser igual... ¿Primero se desarrollan los medios?</p> <p>Profesora: No</p> <p>Estudiante: Primero el de los extremos.</p> $\frac{-2n(m^2 - n^2)}{2m(m^2 - n^2)}$	<p>PCK que se evidencian en este episodio son CEE y CCE, las cuales están mediadas por los elementos del andamiaje Contingencia, desvanecimiento y transferencia de responsabilidad, que muestra y se relaciona con el enriquecimiento topogenético que demuestra la estudiante en la autorregulación de su aprendizaje.</p>		<p>enseñanza contingente.</p> <p>Desvanecimiento</p> <p>1. Respuestas muy breves de los estudiantes. El enriquecimiento topogenético no es identificable porque faltan elementos discursivos.</p> <p>Transferencia de responsabilidad</p> <p>1. Aunque la Profesora genera momentos en los cuales se transfiera la responsabilidad y se identifique la autonomía de la estudiante, en este caso particular; las respuestas por parte del estudiante son breves, pero permiten evidenciar en alguna medida el enriquecimiento topogenético y los elementos discursivos desarrollados en el episodio.</p>
---	--	--	---

<p>Se simplifica y ya queda</p> $\frac{-n}{m}$ <p>Profesora: Ya debes tener en cuenta cada una de las propiedades para empezar a simplificar</p> <p>Estudiante: ¿Qué otra duda tenía? Yo creo que ninguna otra. Si algo yo los sigo haciendo y ya a clase llevo más preguntas.</p> <p>Profesora: Sí, la idea hoy es poder trabajar con las preguntas que tengan porque me parece importante.</p> <p>Estudiante: Listo profe, muchas gracias</p>			
---	--	--	--

Tabla 5.

Transcripción de episodios de clase (Ep.) seleccionados del profesor Sergio

Transcripción episodio	Interpretación	Relaciones PCK	Elementos de Andamiaje
<p style="text-align: center;">(Ep. 1: 15' – 15' 50")</p> <p>Estudiante1: ¿El formaldehído entra en ese grupo? <i>(el estudiante hace una pregunta, teniendo en cuenta la aclaración que hace el profesor que los ácidos orgánicos son ácidos débiles y también se disocian)</i></p> <p>Profesor: El formaldehído es un aldehído, que es este: HCOH. Usted se refiere quizá a este: CH₃COOH. ¿Cómo se llama este?</p> <p>Estudiante1: ácido fórmico</p> <p>Profesor: No. ¿Cuál ácido fórmico? Usted lo dibujó en la anterior clase con su estructura y además lo hicimos ayer en la práctica de laboratorio. ¿Cuál es?</p> <p>Estudiante: ese es el naftaleno</p> <p>Profesor: ¿Cuál naftaleno Carlos? Estamos hablando de un ácido y ¿por qué lo relaciona con el naftaleno? Usted lo hizo, discutimos algo con usted particularmente.</p> <p>Estudiante: ácido acético.</p>	<p>En este episodio se observa que el profesor usa elementos <i>(intenciones y medios)</i> de la enseñanza contingente como el cuestionamiento a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante, a partir de un cuestionamiento que él mismo plantea. En alguna medida se observa cómo el profesor busca constantemente enseñar contingente y transfiere la responsabilidad en</p>	<p>CEE→CCE CEE→CEV CEV→CCE CC→CCE OEC→CEV OEC→CEE OEC→CCE</p>	<p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contingente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta.</p> <p>Desvanecimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Respuestas muy breves del estudiante. El enriquecimiento topogenético no es identificable porque faltan elementos discursivos.

<p>Profesor: entonces, cómo así que naftaleno. ¡Pilas pues!</p>	<p>términos conceptuales y disciplinares.</p> <p>Se evidencian elementos como son las respuestas al diagnóstico así como su comprobación.</p>		<p>Transferencia de responsabilidad</p> <p>1. Aunque el profesor genera momentos en los cuales se transfiera la responsabilidad y se identifique la autonomía de la estudiante, en este caso particular; las respuestas por parte del estudiante son breves e incorrectas en la interacción profesor-estudiante que se establece, así no permiten evidenciar ningún tipo de enriquecimiento topogenético y los elementos discursivos.</p>
<p style="text-align: center;">(Ep. 2: 17' – 19' 10")</p> <p>Profesor: me hace un favor y me lee ese pedacito (<i>el profesor indica al estudiante que realice una lectura de una diapositiva que lleva a clase</i>).</p> <p>Estudiante 1: en 1923 Brönsted en Dinamarca y Lowry en Inglaterra propusieron de manera independiente una teoría, particularmente útil para la química analítica sobre el comportamiento ácido-base.</p> <p>Profesor: listo. En ese año estos dos señores publicaron una teoría sobre ácidos y bases. A partir de eso, nació una teoría muy interesante llamada teoría Brönsted-Lowry para explicar el comportamiento de los ácidos y las bases. Entonces, ahora miremos qué es un ácido y qué es una base. Por favor, me colaboras (<i>el profesor una vez más indica a otro estudiante</i></p>	<p>En este episodio el profesor guía la clase a partir de contenidos curriculares institucionalizados, con el fin de establecer relaciones entre sus estrategias de enseñanza y la comprensión de los estudiantes. Así mismo, se observa cómo el elemento de contingencia desde el andamiaje es el central en el episodio ya que el profesor realiza cuestionamiento cognitivo a medida que hace partícipe a los estudiantes en clase.</p>	<p>OEC→CCE OEC→CEE OEC→CC CC→CCE CC→CEE CEE→CCE</p>	<p>Contingencia</p> <p>1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención</p> <p>Como se evidencia en la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contingente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta.</p>

<p>que realice una lectura de una diapositiva que lleva a clase).</p> <p>Estudiante 2: de acuerdo con la teoría de Brönsted-Lowry, un <u>ácido</u> es un donador de protones, mientras que una <u>base</u> es un aceptor de protones.</p> <p>Profesor: eso significa que toda sustancia que done protones se considerará un ácido y una que acepte protones se considerará una base. ¿Listo muchachos? Por favor, continúas con la lectura.</p> <p>Estudiante 2: para que una molécula se comporte como un ácido, debe encontrarse con un aceptor de protones, es decir, una base.</p> <p>Profesor: listo muchachos. ¿Es claro, cierto? ¿Todos entendieron esa definición? Está súper fácil. Bueno, de la misma manera, una molécula que pueda aceptar un protón se comporta como base si se encuentra con un ácido.</p>			
<p>(Ep. 3: 21' 10" – 26' 40")</p> <p>Profesor: nosotros ya vimos que un ácido para que se comporte como tal, necesita una base. Entonces, a partir de esto, vamos a ver algo que se conoce como ácidos y bases conjugados. ¿Qué es esto? Es muy sencillo. Cuando nosotros tenemos un ácido:</p> $HB \leftrightarrow H^+ + B^- \quad (1)$ <p>Esto es un ácido (<i>el profesor señala el HB</i>). Él se disocia y me forma un equilibrio que me produce una sustancia que tiene una carga negativa y otra que tiene una carga positiva. Eso depende del estado de oxidación.</p> <p>Vamos a trabajar este:</p> $H_2B \leftrightarrow 2H + B \quad (2)$	<p>El profesor en este episodio usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la enseñanza contingente como el cuestionamiento a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante.</p> <p>En alguna medida se observa cómo el profesor busca desarrollar el elemento de desvanecimiento, y también se observa cómo transfiere la responsabilidad e identificar la autonomía del estudiante.</p>	<p>OEC→CCE OEC→CEE OEC→CC OEC→CEV CC→CCE CC→CEE CEE→CCE CEE→CEV</p>	<p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contingenmente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta.</p> <p>Desvanecimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Respuestas muy breves del estudiante. El enriquecimiento topogenético no es identificable porque faltan elementos discursivos.

<p>¿Qué estados de oxidación tendrían estas sustancias?</p> <p>Estudiante 1: H +1 B -2 Profesor: es decir:</p> $H_2B \leftrightarrow 2H^+ + B^{-2} \quad (3)$ <p>Profesor: yo no sé qué sustancia es B, pero sí sé que H es un protón. ¿Y el protón qué carga tiene?</p> <p>Estudiante 1: positiva Profesor: o sea que de una vez yo sé que queda así (<i>haciendo referencia a la ecuación 3</i>). Entonces, qué pasa. En este caso, ocurre esto. Pero, ¿cuál es el conjugado? Entonces, es muy sencillo, simplemente tenemos en la ecuación (1) el ácido (HB), posteriormente a este se le conoce como base conjugada (B^-) y el otro señor simplemente viene siendo el protón (H^+). En la ecuación (3) tenemos que la base conjugada es (B^{-2}).</p> <p>Ahora miremos este:</p> $B^- + H^+ \leftrightarrow HB \quad (4)$ <p>Tengo a este señor (B) con carga negativa, tengo a este señor (H) con carga positiva y me da un producto (HB). Entonces, les pregunto: ¿Cuál es el ácido? ¿Cuál es la base conjugada? Y ¿Cuál es el protón?</p> <p>Estudiantes: no es claro con ese ejemplo Profesor: ¿Cómo así? Si entendieron las anteriores, entienden este. Estudiantes: es lo mismo Profesor: ¿es lo mismo? ¿Lo mismo que el de arriba? (<i>refiriéndose a la ecuación 1</i>) Estudiantes: si Profesor: volvamos a mirar. ¿Qué es la teoría de Bronsted-Lowry? Necesitamos una sustancia que le done un protón. Entonces, ¿cuál es</p>	<p>Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio relacionados con la evaluación diagnóstica, son la respuesta al diagnóstico (por parte de los estudiantes), así como la comprobación a este diagnóstico y las estrategias de intervención que el profesor ejecuta con el fin de aclarar las dudas que en el episodio manifiestan los estudiantes.</p>		<p>Transferencia de responsabilidad</p> <p>1. Aunque el profesor genera momentos en los cuales se transfiera la responsabilidad y se identifique la autonomía de la estudiante, en este caso particular; las respuestas por parte del estudiante son breves en la interacción propuesta por el profesor, así no es posible evidenciar ningún tipo de enriquecimiento topogenético y los elementos discursivos.</p>
---	--	--	---

<p>la base conjugada o el ácido conjugado? Entonces, tenemos que la base es B^-. ¿Qué es una base para Bronsted-Lowry?</p> <p>Estudiante 2: un aceptor de protones.</p> <p>Profesor: entonces, el H^+ viene siendo el ácido. Por lo tanto, HB ¿qué viene siendo?</p> <p>Estudiantes: la base conjugada.</p> <p>Profesor: ¿por qué base conjugada?</p> <p>Estudiante 3: ¿no sería ácido conjugado?</p> <p>Profesor: volvamos a revisar las definiciones. ¿Qué es un ácido de Bronsted-Lowry?</p> <p>Estudiantes: es una sustancia que es capaz de donar protones.</p> <p>Profesor: por lo tanto, HB puede donar protones.</p> <p>Estudiantes: no es claro</p> <p>Profesor: fijense que tiene un protón para donar. Es decir, H. Entonces, ¿cómo sabemos si es una base o un ácido conjugado? Siempre y cuando tenga la característica de que sea donador o aceptor de protones. En este caso es donador porque tiene un protón en su composición. Por eso es un ácido conjugado. ¿Ahora sí es claro?</p> <p>Estudiante 4: o sea, los términos ácido y base se relacionan con los reactivos.</p> <p>Profesor: exactamente y lo que esté al otro lado es el conjugado.</p>			
<p>(Ep. 4: 37' 45" – 40' 15")</p> <p>Profesor: un ejemplo es la siguiente sustancia</p> $NH_2CH_2COOH \leftrightarrow NH_3^+CH_2COO^-$ <p>(1)</p> <p>Esta sustancia (glicina) tiene una propiedad muy interesante. Tiene un grupo amino (NH_2^-), pero a su vez presenta un ácido carboxílico (COO^-) en su composición. Esto hace que esta sustancia presente un</p>	<p>El profesor en este episodio usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la enseñanza contingente como el cuestionamiento a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante.</p>	<p>OEC→CC OEC→CCE OEC→CEE CC→CCE CEE→CCE</p>	<p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contingente y la evaluación</p>

<p>equilibrio muy interesante. El protón del ácido se puede unir al grupo amino y me produce NH_3. Entonces, cuando pierde el protón se genera el grupo carboxilo, formando así el equilibrio que se observa en la ecuación (1).</p> <p>A estas sustancias que tienen este comportamiento, es decir, que tienen tanto un donador como un aceptor de protones, se les conoce como Zwitterión.</p> <p>Estudiante: Profesor ahí le hace falta una H</p> <p>Profesor: ¿en dónde le falta una H?</p> <p>Estudiante: en el lado derecho</p> <p>Profesor: ¡como que no me está parando bolas! Pílas pues Carlos con lo que estoy explicando. Esta sustancia yo dije que tiene la capacidad que tiene dos extremos y en esos extremos sucede lo siguiente. El grupo amino (NH_2^-) es muy parecido al amoníaco (NH_3) que lo estábamos haciendo hace poco y que dijimos que se comporta como una base, ¿Por qué? Porque puede aceptar un protón y el protón del grupo del ácido carboxílico puede interaccionar con él, produciendo el NH_3^+ de la estructura de la parte derecha del equilibrio de la glicina. Y entonces, ¿qué pasó con el carboxílico? Perdió el protón. Entonces, ese protón simplemente se trasladó. Entonces, vuelvo y digo, estas sustancias se conocen con el nombre de Zwitterión. ¿Ahora sí es claro, Carlos?</p> <p>Estudiante: Si profesor, gracias.</p>	<p>Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio relacionados con la evaluación diagnóstica, son la respuesta al diagnóstico (por parte de los estudiantes), así como la comprobación a este diagnóstico y las estrategias de intervención que el profesor ejecuta con el fin de aclarar las dudas que en el episodio manifiesta el estudiante de este episodio particular.</p>		<p>diagnóstica a partir de la pregunta, con el fin de la comprobación del diagnóstico, así como su estrategia de intervención en el ámbito cognitivo.</p>
<p>(Ep. 5: 42' – 46' 20")</p> <p>Estudiante 1: Profesor es posible predecir si uno sólo tiene reactivos quién será un ácido y quién será una base</p> <p>Profesor: ¡claro! no es que se pueda predecir, es que simplemente usted tiene la sustancia que tiene como</p>	<p>En este episodio se observa que el profesor usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la enseñanza <i>contingente</i> como el cuestionamiento a nivel <i>cognitivo</i></p>	<p>OEC→CC OEC→CCE OEC→CEE OEC→CEV CC→CCE CEE→CCE CEV→CCE</p>	<p>Principalmente Contingencia. Sin embargo, se puede decir que de alguna manera hay un enriquecimiento topogenético del estudiante 1 quién plantea un interrogante</p>

<p>producto y ya sabe cuál es el ácido y cuál es la base.</p> <p>Estudiante 1: pero profesor, es decir, sin saber quién es el producto. Sólo teniendo los reactivos.</p> <p>Profesor: para todos. Miren la pregunta que me hace Héctor. Me dice: profe, ¿nosotros cómo predecimos cuál será el ácido y cuál será la base cuando estamos montando una reacción? Lo que sucede muchachos es que nosotros ante todo tenemos que tener un conocimiento de química. Por ejemplo, si nosotros tenemos:</p> $CH_3COOH \leftrightarrow \quad (1)$ <p>Ese es el ácido acético. Y, ¿por qué se llama ácido? ¿Porque tiene los tres protones que se unen al carbono número 1? No. Es porque tiene un protón en el grupo OH- de carboxilo. Entonces, ¿qué pasa con los primeros hidrógenos? ¿Son ácidos? No, no son ácidos. ¿Por qué no son ácidos?</p> <p>Estudiante 2: porque están enlazados fuertemente y no tienen carácter ácido como sí el hidrógeno del grupo OH- del carboxilo.</p> <p>Profesor: exacto. Por lo tanto, ese protón sí puede salir y me produce:</p> $CH_3COOH \leftrightarrow CH_3COO^- + H^+ \quad (2)$ <p>¿Eso es posible predecirlo que se va a dar en un equilibrio? No, simplemente yo lo tengo que saber porque nosotros vimos un curso que se llama Sistemas Químicos I, donde hablaban de la parte de electronegatividad y nosotros sabemos que el oxígeno es el segundo átomo más electronegativo de la tabla periódica. Y, ¿qué quiere decir que sea el segundo átomo más electronegativo de la tabla periódica? Que este señor (<i>haciendo referencia al oxígeno</i>) atrae más</p>	<p>con el fin de identificar el rol activo del estudiante, a partir de un cuestionamiento que él mismo plantea. En alguna medida se observa cómo el profesor busca constantemente enseñar contigentemente y transfiere la responsabilidad en términos conceptuales y disciplinares.</p> <p>Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio relacionados con la evaluación diagnóstica, son la respuesta al diagnóstico (por parte de los estudiantes), así como la comprobación a este diagnóstico y las estrategias de intervención que el profesor ejecuta con el fin de aclarar las dudas que en el episodio manifiestan los estudiantes.</p>		<p>disciplinar o conceptual al profesor y permite discutir, con el fin de buscar claridades acerca de los conceptos de ácido-base, específicamente en la teoría de Bronsted-Lowry. En este sentido, el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad puede darse en el episodio en la relación de los componentes CEE→CCE.</p> <p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contigentemente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta, con el fin de la comprobación del diagnóstico, así como su estrategia de intervención en el ámbito cognitivo.</p> <p>Desvanecimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Respuestas muy breves del estudiante 1 y 3. El enriquecimiento topogenético es identificable, pero
---	--	--	---

<p>electrones que los otros átomos. Entonces, por eso yo sé que el CH_3COOH es un ácido. Y, ¿cómo se disocia? Así como se presenta en la ecuación (7): el ion acetato y el protón.</p> <p>¿A eso iba la pregunta tuya? (<i>haciendo referencia al estudiante 1</i>)</p> <p>Estudiante 1: Si. Pero, ¿por ejemplo si tengo dos reactivos?</p> <p>Profesor: bueno, podemos colocar este:</p> $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NH}_3 \leftrightarrow (3)$ <p>¿Este quién es? (<i>haciendo referencia al ácido acético</i>)</p> <p>Estudiante 1: es el ácido acético</p> <p>Profesor: pero, según la teoría de Brönsted-Lowry, ¿es una base o un ácido?</p> <p>Estudiante 1: es un ácido</p> <p>Profesor: y ¿por qué un ácido?</p> <p>Estudiante 1: porque puede donar protones</p> <p>Profesor: entonces, ¿el NH_3 qué viene siendo?</p> <p>Estudiante 1: una base</p> <p>Profesor: y ¿por qué es una base?</p> <p>Estudiante 1: porque puede aceptar protones.</p> <p>Profesor: ahh, entonces nos queda:</p> $\begin{aligned} \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NH}_3 &\leftrightarrow \\ \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{NH}_4^+ &(4) \end{aligned}$ <p>Wilfer (<i>haciendo referencia a un estudiante, que en este caso sería el estudiante 3</i>). ¿Quién es NH_4^+?</p> <p>Estudiante 3: ese sería la base conjugada.</p> <p>Profesor: ¿Qué es una base conjugada?</p> <p>Estudiante 3: No. Ese es el ácido conjugado por lo que ahí hay un protón.</p> <p>Profesor: exacto. ¡pilas pues! entonces, una sustancia que tenga la capacidad de donar protones, se conoce como..</p>			<p>faltan elementos discursivos.</p> <p>Transferencia de responsabilidad</p> <p>1. Aunque el profesor genera momentos en los cuales se transfiera la responsabilidad y se identifique la autonomía de la estudiante, en este caso particular; las respuestas por parte de los estudiantes son breves en la interacción propuesta por el profesor, en alguna medida es posible evidenciar el enriquecimiento topogenético y los elementos discursivos.</p>
--	--	--	--

<p>Estudiantes: ácido Profesor: Pero, en este caso el ácido conjugado. Y entonces, el CH₃COO⁻ tiene la capacidad de... Estudiantes: recibir. Profesor: listo, de recibir. ¿Claro hasta acá?</p>			
<p style="text-align: center;">(Ep. 6: 3' – 11' 40")</p> <p>Profesor: vamos a hacer otro ejercicio. Por ejemplo, esta sustancia:</p> $NH_3 + CH_3OH \leftrightarrow (1)$ <p>Y esto me produce en el equilibrio algo muy interesante... Daniel, ¿cuál es la base y cuál es el ácido acá?</p> <p>Daniel (estudiante 1): el amoniaco es la base y el metanol es el ácido Profesor: Victor, ¿sí es verdad lo que acaba de decir Daniel? Victor (estudiante 2): Si. (<i>sin embargo, algunos estudiantes no están en consenso, por lo que es preocupante para el profesor</i>) Profesor: entonces, acá es cuando tenemos que analizar las sustancias con detenimiento y volver a las definiciones. Así, queda lo siguiente:</p> $NH_3 + CH_3OH \leftrightarrow NH_4^+ + CH_3O^- (2)$ <p>Entonces, Wilfer ¿cuál es el ácido? Wilfer (estudiante 3): NH₄⁺ Estudiante 4: CH₃O⁻ Profesor: vuelve y juega. ¿Qué es un ácido de Bronsted-Lowry Vanesa? Vanesa (estudiante 4): es el aceptor de protones. Profesor: ¿aceptor o donador? El ácido es una sustancia que tiene la capacidad de donar protones. Párenme bolas muchachos que no hemos comprendido bien el</p>	<p>En este episodio se observa que el profesor usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la enseñanza contingente como el cuestionamiento a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante, a partir de un cuestionamiento que él mismo plantea. En alguna medida se observa cómo el profesor busca constantemente enseñar contingenmente y transfiere la responsabilidad en términos conceptuales y disciplinares.</p> <p>Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio relacionados con la evaluación diagnóstica, son la respuesta al diagnóstico (por parte de los estudiantes), así como la comprobación a</p>	<p>OEC→CC OEC→CCE OEC→CEE OEC→CEV CC→CCE CC→CEE CEE→CCE CEV→CCE</p>	<p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contingenmente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta, con el fin de la comprobación del diagnóstico, así como su estrategia de intervención en el ámbito cognitivo.</p> <p>Desvanecimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Respuestas muy breves del estudiante 1 y 3. El enriquecimiento topogenético es identificable, pero faltan elementos discursivos. <p>Transferencia de responsabilidad</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aunque el profesor genera momentos en los cuales se transfiere la responsabilidad y se identifique la autonomía de la

<p>concepto de Bronsted-Lowry y necesito que esto quede claro. Entonces, Vanesa, ¿qué es un ácido de Bronsted-Lowry?</p> <p>Vanesa (estudiante 4): es una sustancia que es capaz de ceder protones.</p> <p>Profesor: entonces, en esa ecuación (<i>haciendo referencia a la ecuación 2</i>) ¿cuál es el ácido? Es decir, ¿cuál es la sustancia que tiene la capacidad de ceder protones?</p> <p>Vanesa (estudiante 4): el CH₃OH</p> <p>Profesor: ¿por qué razón? Porque el protón se cede al amoniac. Bueno, Angélica, ¿cuál es la base conjugada?</p> <p>Angélica (estudiante 5): el CH₃O⁻</p> <p>Profesor: Carlos, ¿está correcto lo que dice Angélica?</p> <p>Carlos (estudiante 6): si señor</p> <p>Profesor: Manuela, ¿cuál es la base?</p> <p>Manuela (estudiante 6): NH₃</p> <p>Profesor: Edgar, ¿cuál es la base conjugada?</p> <p>Edgar (estudiante 7): el CH₃O⁻</p> <p>Profesor: Arlenis, ¿cuál es el ácido conjugado?</p> <p>Arlenis (estudiante 8): el NH₄⁺</p> <p>Profesor: muy bien, el NH₄⁺ ¿Todos entendieron hasta aquí la teoría de Bronsted-Lowry? Listo. Veamos otro ejercicio:</p> $CH_3OH + HNO_3 \leftrightarrow (3)$ <p>Aquí de entrada sabemos que el ácido es...</p> <p>Estudiantes: ácido nítrico</p> <p>Profesor: y la base es...</p> <p>Estudiantes: el metanol</p> <p>Profesor: y ¿qué me produce entonces si ya sabemos quién es el ácido y la base?</p> <p>Estudiantes:</p> $CH_3OH + HNO_3 \leftrightarrow CH_3OH_2^+ + NO_3^- (4)$	<p>este diagnóstico y las estrategias de intervención que el profesor ejecuta con el fin de aclarar las dudas que en el episodio manifiestan los estudiantes.</p> <p>Es relevante cómo el profesor reta a los estudiantes de manera individual, así como grupal. De esta forma, los andamios que va colocando sirven para desarrollar la clase y diagnosticar, comprobar y ejecutar estrategias de intervención efectivas como parte de su estrategia de enseñanza fundamental en su acción docente.</p>		<p>estudiante, en este caso particular; las respuestas por parte de los estudiantes que van siendo retados conceptualmente, son breves en la interacción propuesta por el profesor, en alguna medida es posible evidenciar el enriquecimiento topogenético y los elementos discursivos.</p>
---	--	--	---

<p>Profesor: Edgar, ¿cuál es el estado de oxidación del nitrógeno en NO_3^-?</p> <p>Edgar (estudiante 7): 3</p> <p>Profesor: ¿seguro que está bien?</p> <p>Edgar (estudiante 7): no perdón Profe es 6</p> <p>Profesor: ¿seguro?</p> <p>.....(se genera una conversación entre los estudiantes, con el fin de determinar el estado de oxidación. De este modo, se escuchan murmullos de varias voces con varias opciones del número de oxidación. Entre las que más se oyen son 6 y 3).</p> <p>Profesor: para ti (haciendo referencia a una estudiante) ¿cuál es el estado de oxidación del nitrógeno en NO_3^-?</p> <p>Estudiante 9: 5</p> <p>Profesor: ¿Por qué?</p> <p>Estudiante 9: porque el estado de oxidación del oxígeno es -2</p> <p>Profesor: y, ¿entonces?</p> <p>Estudiante 9: se multiplica el 3 por -2, dando seis negativo. Y como hay una carga negativa total, entonces, el nitrógeno debe ser 5.</p> <p>Profesor: muy bien. ¡pilas pues! Sigamos. ¿Cuál es el ácido?</p> <p>Estudiante 10: el HNO_3</p> <p>Profesor: ¿Cuál es el ácido conjugado?</p> <p>Estudiante 11: sería el CH_3OH_2^+</p> <p>Profesor: muy bien. Sigamos. Víctor, ¿cuál es la base conjugada?</p> <p>Víctor (estudiante 2): el NO_3^-</p> <p>Profesor: muy bien. Bueno. Imagínense que ustedes me han preguntado por las propiedades del agua que tiene la capacidad como el amoníaco.</p> <p>Estudiante 12: Profesor que pena una pregunta. En la ecuación (1) $\text{NH}_3 + \text{CH}_3\text{OH}$ ¿el NH_3 puede ser el ácido y el CH_3OH la base?</p> <p>Profesor: en este caso no, porque el protón que tiene el alcohol es el que se transfiere al NH_3 que tiene un par de electrones libres. Pero sí es posible que el NH_3 sea el ácido,</p>			
--	--	--	--

<p>siempre y cuando se enfrente con una sustancia que actúe como una base. Es decir, que el NH₃ ceda uno de sus protones y la otra sustancia tenga la capacidad de aceptarlo. Y, ¿de todo esto como me doy cuenta? Con las constantes de equilibrio. Pero vamos despacio, porque eso lo vamos a ver más adelante. No vayamos tan rápido.</p>							
<p style="text-align: center;">(Ep. 7: 23' – 34')</p> <p><i>En este episodio el profesor explica las fuerzas de los ácidos y bases, mediante una relación ácido más fuerte al costado izquierdo de la tabla Vs ácido más débil al costado derecho de la tabla, la cual está en el tablero con los siguientes equilibrios:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Ácido más fuerte base más débil</i></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">$HClO_4 + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + ClO_4^-$ (1)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$HCl + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + Cl^-$ (2)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$H_3PO_4 + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + H_2PO_4^-$ (3)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$Al(H_2O)_6^{3+} + H_2O \leftrightarrow$ (4)</td> </tr> </table> <p>Profesor: muchachos, ¿cómo se llama la sustancia de la ecuación (4)? Estudiante 1: óxido. Profesor: no, esto no es un óxido. ¿Qué es esto? (<i>haciendo referencia al agua</i>) Estudiantes: agua de aluminio (<i>risas</i>) Profesor: No. Cuando el agua está en la composición de un metal como es en este caso del aluminio esas aguas están hidratando el metal. ¿Cuántas aguas hay? ¿Cómo se dice cuando tiene seis? Estudiantes: hexa Profesor: entonces, se denomina agua hexahidratada de aluminio.</p>	$HClO_4 + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + ClO_4^-$ (1)	$HCl + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + Cl^-$ (2)	$H_3PO_4 + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + H_2PO_4^-$ (3)	$Al(H_2O)_6^{3+} + H_2O \leftrightarrow$ (4)	<p>En este episodio se observa que el profesor usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la enseñanza contingente como el cuestionamiento a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante, a partir de un cuestionamiento que él mismo plantea. En alguna medida se observa cómo el profesor busca constantemente enseñar contigentemente y transfiere la responsabilidad en términos conceptuales y disciplinares.</p> <p>Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio relacionados con la evaluación diagnóstica, son la respuesta al diagnóstico (por parte de los</p>	<p>OEC→CC OEC→CCE OEC→CEE OEC→CEV CC→CCE CC→CEE CEE→CCE CEV→CCE</p>	<p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contigentemente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta, con el fin de la comprobación del diagnóstico, así como su estrategia de intervención en el ámbito congitivo.</p> <p>Desvanecimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Respuestas muy breves del estudiante 1 y 3. El enriquecimiento topogenético es identificable, pero faltan elementos discursivos. <p>Transferencia de responsabilidad</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aunque el profesor genera momentos en los cuales se transfiera la
$HClO_4 + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + ClO_4^-$ (1)							
$HCl + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + Cl^-$ (2)							
$H_3PO_4 + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + H_2PO_4^-$ (3)							
$Al(H_2O)_6^{3+} + H_2O \leftrightarrow$ (4)							


<p>Pero, lo interesante es que dice 3+ (<i>refiriéndose a la carga de la sustancia</i>) y el agua es neutra. Entonces, cuando se enfrenta con el agua, ¿Quién es el ácido y quién es la base?</p> <p>Estudiante 2: la base es el agua</p> <p>Profesor: ¿La base es el agua? Miremos entonces qué se genera en el equilibrio.</p> <p>Estudiante 3: Profesor, ahí ¿qué estado de oxidación tiene el aluminio?</p> <p>Profesor: ¡muy bien! Muchachos ¿qué estado de oxidación tiene el aluminio acá?</p> <p>Estudiante 4: 3-</p> <p>Profesor: ¿Cómo así que tres menos? (<i>el profesor señala en el tablero el 3+ que hay en la sustancia</i>). ¿El agua cómo es neutra o tiene alguna carga?</p> <p>Estudiantes: neutra</p> <p>Profesor: entonces, si es así, qué estado de oxidación tiene el aluminio acá.</p> <p>Estudiantes: +3</p> <p>Profesor: ¡muy bien! +3 aquí dice (<i>haciendo referencia a la sustancia en el tablero</i>). Entonces, veámolo así: si es una sustancia que tiene carga positiva tiene la capacidad de aceptar o donar protones.</p> <p>Estudiantes: de donar protones.</p> <p>Profesor: entonces, miremos muchacho con cuidado. Uno a simple vista no identifica cuál sustancia es el ácido y cuál es la base. Pero, para eso tenemos que aplicar Bronsted-Lowry. ¿Listo? La idea no es hacer en clase los fáciles y en el examen los difíciles. Entonces, observemos una cosa. Ya nos dimos cuenta que el estado de oxidación del aluminio es 3+, eso quiere decir, que tiene una carga positiva. Cuando se enfrenta con el agua, ¿esta sustancia $Al(H_2O)_6^{3+}$ tiene la capacidad de recibir o dar protones?</p>	<p>estudiantes), así como la comprobación a este diagnóstico y las estrategias de intervención que el profesor ejecuta con el fin de aclarar las dudas que en el episodio manifiestan los estudiantes.</p> <p>Es relevante cómo el profesor reta a los estudiantes de manera individual, así como grupal. De esta forma, los andamios que va colocando sirven para desarrollar la clase y diagnosticar, comprobar y ejecutar estrategias de intervención efectivas como parte de su estrategia de enseñanza fundamental en su acción docente.</p>		<p>responsabilidad y se identifique la autonomía de la estudiante, en este caso particular; las respuestas por parte de los estudiantes que van siendo retados conceptualmente, son breves en la interacción propuesta por el profesor, en alguna medida es posible evidenciar el enriquecimiento topogenético y los elementos discursivos.</p>
--	---	--	---

<p>Estudiantes: de dar porque tiene cargas positivas.</p> <p>Profesor: ¡muy bien! Ahora miremos qué pasa con el agua. Sabemos que el agua tiene la capacidad de recibir y de dar protones. Entonces, ¿qué pasaría en este equilibrio?</p> <p>Estudiante 5: como el agua tiene la capacidad de donar y recibir protones, entonces, en este caso el agua dona protones al aluminio.</p> <p>Profesor: ¿Seguro? ¿Eso es correcto muchachos? No es posible, porque el aluminio tiene cargas positivas y no puede recibir cargas de este tipo. Entonces, ¿qué tipo de carga podría recibir?</p> <p>Estudiantes: negativas</p> <p>Profesor: y, ¿en qué parte de la molécula de agua están las cargas negativas?</p> <p>Estudiantes: del OH-</p> <p>Profesor: ¡muy bien! Del OH-. Entonces, $Al(H_2O)_6^{3+}$ puede recibir OH-. Sin embargo, si lo miramos con más detenimiento, como el agua está enmascarando al aluminio una de esas seis aguas puede transferir un protón al agua. Entonces, nos queda:</p> $Al(H_2O)_6^{3+} + H_2O \leftrightarrow AlOH(H_2O)_5^{2+} + H_3O^+ \quad (5)$ <p>Estudiante 6: Profesor y ahí ¿cuál es la base conjugada?</p> <p>Profesor: A partir de aquí, entonces, ¿cuál sería la base conjugada? Esa es la pregunta que les iba hacer.</p> <p>Estudiantes: sería el $AlOH(H_2O)_5^{2+}$</p> <p>Profesor: y, ¿por qué razón? Porque tiene el OH- y le otorga carácter básico a la sustancia. Entonces, como se me adelantaron, ¿cuál sería el ácido conjugado?</p> <p>Estudiantes: el H_3O^+</p>			
---	--	--	--

<p style="text-align: center;">(Ep. 8: 44' – 46' 19")</p> <p>Profesor: ¿quién quiere aportar muchachos? Wilfer, ¿qué puedes aportar con respecto a la fuerza de los ácidos y las bases? ¿Qué puedes decir de lo que entendiste?</p> <p>Wilfer (estudiante 1): que los ácidos por lo general tienden a ser más fuertes que las bases.</p> <p>Profesor: ¡pilas pues! Cuando nosotros estamos hablando de ácidos, hay ácidos fuertes y bases fuertes. Entonces, yo le voy a lanzar una pregunta Wilfer. Si yo tengo una base débil -pilas pues, para todos, pero me va a responder Wilfer-¿cómo es su ácido conjugado?</p> <p>Wilfer (estudiante 1): fuerte</p> <p>Profesor: ¿todos tienen claro eso? Muy bien. Sigamos. Si yo tengo un ácido conjugado débil, ¿cómo es su base?</p> <p>Estudiantes: fuerte</p> <p>Profesor: Carlos, si tengo un ácido conjugado fuerte, ¿cómo es su base?</p> <p>Carlos (estudiante 2): sería fuerte.</p> <p>Profesor: no. Nunca podemos tener un par conjugado fuerte-fuerte o débil-débil. ¿Listo? Eso es lo que quiero que tengan en cuenta. Siempre que estemos hablando de un fuerte, el del otro lado debe ser débil. Entonces, Carlos: si yo tengo una base débil, ¿cómo es su ácido conjugado?</p> <p>Carlos (estudiante 2): fuerte</p> <p>Profesor: fuerte, muy bien. <i>(el profesor hace referencia a un ejemplo que está en el tablero: $HClO_4 + H_2O \rightarrow H_3O^+ + ClO_4^-$)</i></p>	<p>En este episodio se observa que el profesor usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la <i>enseñanza contingente</i> como el cuestionamiento a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante, a partir de un cuestionamiento que él mismo plantea.</p> <p>En alguna medida se observa cómo el profesor busca constantemente enseñar contingenmente y transfiere la responsabilidad en términos conceptuales y disciplinares.</p> <p>Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio relacionados con la evaluación diagnóstica, son la respuesta al diagnóstico (por parte de los estudiantes), así como la comprobación a este diagnóstico y las estrategias de intervención que el profesor ejecuta con el fin de aclarar las dudas que en el episodio manifiestan los estudiantes.</p>	<p>OEC→CC OEC→CCE OEC→CEE OEC→CEV CC→CCE CC→CEE CEE→CCE CEV→CCE</p>	<p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contingenmente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta, con el fin de la comprobación del diagnóstico, así como su estrategia de intervención en el ámbito cognitivo.</p> <p>Desvanecimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Respuestas muy breves del estudiante 1 y 3. El enriquecimiento topogenético es identificable, pero faltan elementos discursivos. <p>Transferencia de responsabilidad</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aunque el profesor genera momentos en los cuales se transfiere la responsabilidad y se identifica la autonomía de la estudiante, en este caso particular; las respuestas por parte de los estudiantes que van siendo retados conceptualmente, son breves en la interacción propuesta
--	--	---	--

			por el profesor, en alguna medida es posible evidenciar el enriquecimiento topogenético y los elementos discursivos.					
<p style="text-align: center;">(Ep. 9: 0' – 7' 52")</p> <p><i>El profesor en este episodio continúa con la tabla del video anterior relacionada con la fuerza de los ácidos y las bases. El objetivo es hacer partícipes activos a los estudiantes, con el fin de resolver dudas y aclarar conceptos que se han venido trabajando a partir de la teoría de Bronsted-Lowry.</i></p> <p><i>Acido más fuerte base más débil</i></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">$HClO_4 + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + ClO_4^-$ (1)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$HCl + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + Cl^-$ (2)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$H_3PO_4 + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + H_2PO_4^-$ (3)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$Al(H_2O)_6^{3+} + H_2O \leftrightarrow AlOH(H_2O)_5^{2+} + H_3O^+$ (4)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$NH_4^+ + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + NH_3$ (5)</td> </tr> </table> <p><i>Ácido más débil Base más fuerte</i></p> <p>Profesor: la base ClO_4^- (refiriéndose a la ecuación 1) y, ¿cómo es su ácido? Estudiante 1: fuerte porque tiene la capacidad de aceptar protones Profesor: pero la base. ¿Listo? Entonces, vuelve y juega. Si tengo un ácido débil ¿cómo es su base conjugada Arlenis? Estudiante 2 (Arlenis): fuerte Profesor: ¡muy bien! Fuerte. Me la ubica acá (haciendo referencia al tablero) ¿cuál es? Señálemela por favor. Recuerda un ácido débil y su base conjugada.</p>	$HClO_4 + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + ClO_4^-$ (1)	$HCl + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + Cl^-$ (2)	$H_3PO_4 + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + H_2PO_4^-$ (3)	$Al(H_2O)_6^{3+} + H_2O \leftrightarrow AlOH(H_2O)_5^{2+} + H_3O^+$ (4)	$NH_4^+ + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + NH_3$ (5)	<p>En este episodio se observa que el profesor usa elementos (intenciones y medios) de la enseñanza contingente como el cuestionamiento a nivel cognitivo con el fin de identificar el rol activo del estudiante, a partir de un cuestionamiento que él mismo plantea.</p> <p>En alguna medida se observa cómo el profesor busca constantemente enseñar contingenmente y transfiere la responsabilidad en términos conceptuales y disciplinares. Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio relacionados con la evaluación diagnóstica, son la respuesta al diagnóstico (por parte de los estudiantes), así como la comprobación a este diagnóstico y</p>	<p>OEC→CC OEC→CCE OEC→CEE OEC→CEV CC→CCE CC→CEE CEE→CCE CEV→CCE</p>	<p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contingenmente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta, con el fin de la comprobación del diagnóstico, así como su estrategia de intervención en el ámbito cognitivo.</p> <p>Desvanecimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Respuestas muy breves del estudiante 1 y 3. El enriquecimiento topogenético es identificable, pero faltan elementos discursivos. <p>Transferencia de responsabilidad</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aunque el profesor genera momentos en los cuales se transfiera la responsabilidad y se identifique la autonomía de la
$HClO_4 + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + ClO_4^-$ (1)								
$HCl + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + Cl^-$ (2)								
$H_3PO_4 + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + H_2PO_4^-$ (3)								
$Al(H_2O)_6^{3+} + H_2O \leftrightarrow AlOH(H_2O)_5^{2+} + H_3O^+$ (4)								
$NH_4^+ + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + NH_3$ (5)								

<p>Estudiante 2 (Arlenis): $NH_4^+ + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + NH_3$ (la estudiante selecciona de la ecuación 5 las sustancias que aquí se identifican en azul)</p> <p>Profesor: ¡muy bien! Vuelve y juega. Si tengo un ácido conjugado fuerte, ¿dónde lo estamos ubicando en la tabla? ¿Arriba o abajo?</p> <p>Estudiantes: abajo</p> <p>Profesor: ¡muy bien! Sin embargo, hay que aclarar que todos los ácidos son el mismo H_3O^+, entonces, esto significa que el ácido se comporta conforme a la base que se genera. Entonces, si miramos en la tabla en la parte inferior en los productos, encontramos las bases conjugadas fuertes. Pero las bases conjugadas de la parte superior son débiles. Es importante aclarar que en la parte derecha de la tabla nos estamos refiriendo a las bases y en la parte izquierda a los ácidos. Entonces, en la parte superior izquierda, es decir, en los reactivos, tenemos ácidos fuertes y su correspondiente base es débil y en la parte inferior tenemos ácidos débiles y su correspondiente base es fuerte.</p> <p>Entonces, yo quiero que repasemos esta parte porque ya vamos a empezar a escribir la expresión para la constante de equilibrio y esto tiene que quedar muy claro, porque ya casi nos metemos con cálculos.</p> <p>Estudiante 3: pero profesor si usted pregunta, por ejemplo, la molécula de la ecuación (1) (haciendo referencia al $HClO_4$) ¿cómo puede decir uno que es un ácido fuerte?</p> <p>Profesor: lo que pasa es que, en esa ecuación, sólo podemos decir que tenemos un ácido, una base y su ácido y base conjugada respectivamente. No puedo decir nada más. Pero si tengo la constante de equilibrio yo ya puedo decir con seguridad si la sustancia es fuerte o débil dependiendo del número.</p>	<p>las estrategias de intervención que el profesor ejecuta con el fin de aclarar las dudas que en el episodio manifiestan los estudiantes.</p> <p>Es relevante cómo el profesor reta a los estudiantes de manera individual, así como grupal. De esta forma, los andamios que va colocando sirven para desarrollar la clase y diagnosticar, comprobar y ejecutar estrategias de intervención efectivas como parte de su estrategia de enseñanza fundamental en su acción docente.</p>		<p>estudiante, en este caso particular; las respuestas por parte de los estudiantes que van siendo retados conceptualmente, son breves en la interacción propuesta por el profesor, en alguna medida es posible evidenciar el enriquecimiento topogenético y los elementos discursivos.</p>
---	---	--	---

<p>Estudiante 4: profesor, entonces, si la base conjugada es fuerte ¿cómo es su ácido conjugado?</p> <p>Profesor: depende la sustancia. Es decir, si estamos en la tabla en la parte superior sería fuerte y en la parte inferior sería débil.</p>			
<p>(Ep. 10: 16' 40"– 25' 50")</p> <p><i>El profesor en este episodio inicia con una generalización para definir el equilibrio con la siguiente expresión.</i></p> $aA \leftrightarrow bB \quad (1)$ $k = \frac{P_B^b}{P_A^a} \quad (2)$ <p>Profesor: Entonces, ¿qué es este sistema? Vamos hacer un dibujo sencillo. Tengo un recipiente cerrado y tengo a veces A y tengo b veces B</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>El sistema tiene un embolo (<i>la flecha hacia abajo</i>) y puede bajar, es decir disminuir la presión. Entonces, yo les hago una pregunta a ustedes. En el sistema tenemos cuatro moléculas de A y dos moléculas de B, si nosotros miramos la expresión de equilibrio en función de la presión, ¿cuál ejerce más presión?</p> <p>Estudiantes: A porque hay más partículas</p> <p>Profesor: pero entonces, imagínense que nosotros le vamos a disminuir el volumen al sistema. Se lo vamos a disminuir hasta la mitad, es decir, que le vamos a aumentar la presión. Entonces, acá podemos vincular algo que ustedes ya vieron: $PV=nRT$. Entonces, si yo dejo R y T constantes y si juego con el volumen y la presión, entonces observo que la relación es inversa, es decir, que, si</p>	<p>En este episodio se observa que el profesor usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la enseñanza contingente como el cuestionamiento a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante, a partir de un cuestionamiento que él mismo plantea. En alguna medida se observa cómo el profesor busca constantemente enseñar contingente y transfiere la responsabilidad en términos conceptuales y disciplinares.</p>	<p>OEC→CC OEC→CCE OEC→CEE CC→CCE CC→CEE CEE→CCE</p>	<p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contingente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta.</p> <p>Desvanecimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Respuestas muy breves del estudiante. El enriquecimiento topogenético no es identificable porque faltan elementos discursivos. <p>Transferencia de responsabilidad</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aunque el profesor genera momentos en los cuales se transfiera la responsabilidad y se identifique la autonomía de la estudiante, en este caso particular; las respuestas por parte de los estudiantes son breves e incorrectas en la interacción profesor-estudiante

aumento el volumen, disminuyo la presión. Entonces, nos queda así



Pero algo tiene que pasar para que el sistema siga en equilibrio. Es decir, para que la constante no cambie algo tiene que pasar con su expresión, es

decir, con $\frac{P_B^b}{P_A^a}$ ¿Qué tiene que pasar?

Entonces, ¿el equilibrio se tiene que desplazar para dónde? Para donde la magnitud de (k) siga constante.

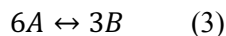
Entonces, si yo aumento la presión, ¿este equilibrio se traslada donde me produzca más moléculas o disminuyan las moléculas?

Entonces, si yo aumento la presión ¿qué va a pasar con el equilibrio? Es decir, ¿qué va a pasar con A? Como este número aumentó, pero la constante (k) no debe cambiar, entonces, cómo hacemos para que ese número no cambie. Entonces, uno de esos tiene que disminuir (*haciendo referencia a $\frac{P_B^b}{P_A^a}$*)

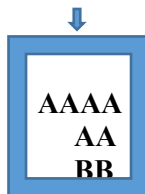
Entonces, si tengo cuatro partículas de A como reactivos y dos de B como productos, ¿Cómo hacemos para disminuir el número de partículas?

¡Qué silencio tan verraco!

Vamos a colocarlo de esta manera para hacerlo más comprensible.



$$k = \frac{P_B^3}{P_A^6} \quad (4)$$



¿cuántas partículas hay acá? Ocho. Pero entonces, ¿qué pasa? Cuando

que se establece, así no permiten evidenciar ningún tipo de enriquecimiento topogenético y los elementos discursivos.

yo tengo más partículas en un sistema, que es un sistema cerrado, se irá a generar más presión. Entonces, si tomamos lo mismo que el ejemplo anterior que reducimos el volumen a la mitad, la presión va a aumentar. Pero recuerden que la magnitud de la constante de equilibrio debe mantenerse constante. Entonces, si A (*refiriéndose específicamente a P_A^6*) que son más partículas aumenta la presión que le tiene que estar pasando a B (*refiriéndose específicamente a P_B^3*)

Estudiantes: debe disminuir

Profesor: ¡exacto! Para que se mantenga el valor de la constante. Entonces, si tenemos las seis partículas de A ¿qué debe hacer el equilibrio? ¿Desplazarse a la derecha o a la izquierda?

Estudiantes: producir más partículas de B, es decir, desplazarse a la derecha.

Profesor: ¡muy bien! entonces, vamos a suponer un valor de la constante de equilibrio. Acá tenemos seis de A y tres de B. Entonces, si A disminuye a la mitad, ¿qué debe pasar con B?

Estudiantes: aumentar en la mitad.

Profesor: ¡muy bien! entonces, quedaría así:



¿Qué estamos haciendo acá? Imagínense que Le Chatelier propuso que cuando un sistema era perturbado, la constante de equilibrio siempre se va a mantener. Pero entonces, ¿qué pasa? ¿cómo mantenemos ese equilibrio? Entonces, en el ejemplo que estoy explicando planteé un equilibrio hipotético y tengo unas partículas de A y de B. Entonces, ¿qué pasa? El

<p>equilibrio se va a desplazar en el sentido donde se reduzca la perturbación.</p> <p>Estudiante 5: profesor es que acá tenemos una duda. Si A disminuyó a la mitad, entonces, B ¿no tendría que aumentar a tres y no a cuatro?</p> <p>Profesor: es correcto, tienen la razón.</p> <div style="text-align: center; border: 2px solid blue; padding: 5px; width: fit-content; margin: 20px auto;"> <p>AAA BBB</p> </div>			
<p style="text-align: center;">(Ep. 11: 29'– 46' 40")</p> <p>Profesor: tenemos el siguiente equilibrio</p> $A + B \leftrightarrow C \quad (1)$ $k_c = \frac{[C]}{[A][B]} \quad (2)$ <p>Es una reacción y necesito obtener C, entonces, una de las opciones es incorporar reactivos para que se produzca más C. De esta forma, el equilibrio se empieza a desplazar. Entonces, primero hagámoslo agregando B. Entonces, ¿qué sucede con la concentración de B?</p> <p>Estudiantes: aumenta</p> <p>Profesor: ¡muy bien! Entonces, ¿qué le está sucediendo a la expresión de equilibrio? si aumenta B, entonces la constante cambia. Pero esto no puede pasar. Entonces, ¿cómo se contrarresta esto?</p> <p>Estudiante 1: la concentración de C tiene que aumentar para que la constante se mantenga.</p> <p>Profesor: y, ¿cómo aumenta la concentración de C si estamos agregando B? ¿Nadie? Entonces, vuelve y juega. Tenemos A + B que produce C. Entonces, estamos agregando B y por Le Chatelier la constante tiene que mantenerse fija, no puede cambiar. Entonces, al</p>	<p>En este episodio se observa que el profesor usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la enseñanza contingente como el cuestionamiento a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante, a partir de un cuestionamiento que él mismo plantea.</p> <p>En alguna medida se observa cómo el profesor busca constantemente enseñar contigentemente y transfiere la responsabilidad en términos conceptuales y disciplinares. Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio relacionados con la evaluación diagnóstica, son la</p>	<p>OEC→CC OEC→CCE OEC→CEE OEC→CEV CC→CCE CC→CEE CEE→CCE CEV→CCE</p>	<p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contigentemente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta, con el fin de la comprobación del diagnóstico, así como su estrategia de intervención en el ámbito cognitivo.</p> <p>Desvanecimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Respuestas muy breves del estudiante 1 y 3. El enriquecimiento topogenético es identificable, pero faltan elementos discursivos. <p>Transferencia de responsabilidad</p>

<p>agregar B, su concentración aumenta. Pero, como ese número está en el divisor de la ecuación (2) la constante (k_c) disminuye. Pero el principio de Le Chatelier me dice que no puede variar ese valor. Entonces, algo le tiene que pasar al equilibrio para que el número k_c permanezca constante. ¿Qué debe pasar?</p> <p>Estudiantes: aumentar C</p> <p>Profesor: entonces, en ese orden de ideas, ¿el equilibrio a dónde se debe desplazar?</p> <p>Estudiante 2: de izquierda a derecha. Es decir, de reactivos a productos.</p> <p>Profesor: ¡muy bien! Pero hay otra cosa. ¿Quién tiene qué reaccionar para que se produzca C?</p> <p>Estudiantes: A y B.</p> <p>Profesor: entonces, como estamos agregando B ¿qué tiene que pasar con A?</p> <p>Estudiante 2: aumentar su concentración.</p> <p>Profesor: ¿Aumentar? Disminuye porque sólo estoy agregando B. ¿Entendido?</p> <p>Ahora lo que vamos a ver son las perturbaciones. Entonces, puede haber cambios de presión y de volumen cuando son gases, o que incorporemos una sustancia.</p> <p>Estudiante 3: Profesor, y ¿los valores de las moléculas son diferentes o iguales?</p> <p>Profesor: dependen de la estequiometría de la reacción. Bueno, entonces, si ya está claro, sigamos. Laura imagínese que estamos en el reactor y yo tengo el mismo sistema de reacción, pero no voy agregar A ni B sino que voy agregar C. Entonces, le voy hacer una pregunta. ¿Qué sucede con la concentración de C?</p> <p>Estudiante 4 (Laura): aumenta</p> <p>Profesor: y, ¿qué le sucede al valor de la constante?</p> <p>Estudiante 4 (Laura): no sé.</p>	<p>respuesta al diagnóstico (por parte de los estudiantes), así como la comprobación a este diagnóstico y las estrategias de intervención que el profesor ejecuta con el fin de aclarar las dudas que en el episodio manifiestan los estudiantes.</p> <p>Es relevante cómo el profesor reta a los estudiantes de manera individual, así como grupal. De esta forma, los andamios que va colocando sirven para desarrollar la clase y diagnosticar, comprobar y ejecutar estrategias de intervención efectivas como parte de su estrategia de enseñanza fundamental en su acción docente.</p>		<p>1. Aunque el profesor genera momentos en los cuales se transfiera la responsabilidad y se identifique la autonomía de la estudiante, en este caso particular; las respuestas por parte de los estudiantes que van siendo retados conceptualmente, son breves en la interacción propuesta por el profesor, en alguna medida es posible evidenciar el enriquecimiento topogenético y los elementos discursivos.</p>
---	--	--	--

<p>Profesor: bueno, si yo tengo 2/2 y luego aumento a 4/2 qué sucede?</p> <p>Estudiante 4 (Laura): aumentó cuando el numerador aumentó.</p> <p>Profesor: entonces, ¿qué pasa si yo agrego más C?</p> <p>Estudiante 4 (Laura): aumenta la constante de equilibrio.</p> <p>Profesor: entonces, ¿qué dice Le Chatelier?</p> <p>Estudiante 4 (Laura): que la constante tiene que estar en el equilibrio</p> <p>Profesor: eso no dice el principio de Le Chatelier. Por favor Laura, lee esta parte de la siguiente diapositiva.</p> <p>Estudiante 4 (Laura): un sistema en equilibrio se somete a un cambio de condiciones</p> <p>Profesor: ¿Qué es un cambio de condiciones? Por ejemplo, agregarle más C.</p> <p>Estudiante 4 (Laura): <i>(la estudiante sigue leyendo la información de la diapositiva)</i> este se desplazará hacia una nueva posición a fin de contrarrestar el efecto que lo perturbó y recuperar el estado de equilibrio.</p> <p>Profesor: ¡muy bien! entonces, esto se perturba y se reestablece el equilibrio otra vez. Entonces, la magnitud de la constante no cambia, así le agreguemos más A, más B o más C. Entonces, al equilibrio debe sucederle algo. La única manera es que C se consuma y se genere A y B. Entonces, Laura según esto, ¿Qué pasa con la concentración de A y B?</p> <p>Estudiante 4 (Laura): deben aumentar.</p> <p>Profesor: ¡muy bien! Vamos a mirar el siguiente equilibrio:</p> $A \leftrightarrow B + C \quad (3)$ <p>Edgar me hace un favor y me dice cómo queda la expresión de la constante de equilibrio en términos de concentración.</p> <p>Estudiante 5 (Edgar): A..</p>			
---	--	--	--

<p>Profesor: A no, en los términos de la ecuación como yo lo enseñé.</p> <p>Estudiante 5 (Edgar):</p> $k_c = \frac{[A]}{[B][C]} \quad (4)$ <p>Profesor: no es correcto. ¡Pilas! Eso no enseñé yo. ¿Cómo les enseñé yo? Ya hemos hecho varios ejercicios. Tenemos que estar bien aterrizaditos. Entonces, ¿Cómo es?</p> <p>Estudiante 5 (Carlos):</p> $k_c = \frac{[B][C]}{[A]} \quad (5)$ <p>Profesor: ¡muy bien! recuerden que nosotros definimos la constante de equilibrio como producto, es decir, la multiplicación, de la concentración de productos dividiendo el producto (multiplicación) de la concentración de reactivos.</p> <p>Vuelve y juega. A pesar de que tenemos las mismas especies (letras) este equilibrio es totalmente diferente. Entonces, Edgar, agrego A, o sea que estoy perturbando al equilibrio. Es decir, que la concentración de A aumenta. Entonces, qué sucede con la magnitud de la constante, ¿aumenta o disminuye?</p> <p>Estudiante 5 (Edgar): disminuye.</p> <p>Profesor: ¡muy bien!</p>			
<p>(Ep. 12: 0'–13')</p> <p><i>En este episodio el profesor está explicando el siguiente equilibrio</i></p> $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \quad (1)$ <p><i>Donde el objetivo es determinar la concentración en el equilibrio de los iones hidronio. En este orden de ideas, el profesor plantea todas las ecuaciones que describen la</i></p>	<p>En este episodio se observa que el profesor usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la enseñanza <i>contingente</i> como el cuestionamiento a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del</p>	<p>OEC→CC OEC→CCE OEC→CEE CC→CCE CC→CEE CEE→CCE</p>	<p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contingente y la</p>

<p><i>expresión de equilibrio. Por último, explica cuándo se puede aproximar la ecuación solución, con el fin de resolver el ejercicio con una ecuación matemática de orden 1.</i></p> <p>Profesor: muchachos, existe una aproximación que uno puede tomar en cuenta siempre y cuando los valores de la concentración inicial y los de la constante de equilibrio sean muy grandes. Según la literatura, uno puede hacer este tipo de aproximaciones cuando no supera el 1%. En algunos libros aparece que el 5%, pero para tener resultados más precisos nosotros vamos a trabajar con un máximo de 1%.</p> <p>Entonces, en el ejercicio que estamos haciendo, nosotros tenemos una concentración inicial ($C_i = 0.1M$) y la constante de equilibrio ($k_a = 1.75 \times 10^{-5}$) entonces, matemáticamente se procede de la siguiente manera: dividimos el valor k_a entre C_i y multiplicamos por 100. ¿cuánto da esa operación?</p> <p>Estudiantes: 0.0175%</p> <p>Profesor: ese número significa que ese es el porcentaje de error si no incluyo $[H_3O^+]_i$ en el cálculo. Por lo tanto, como el error es mínimo yo puedo asumir como despreciable esa concentración. Entonces, miremos qué pasaría con la expresión matemática para resolver en el equilibrio:</p> $[H_3O^+]^2 + k_a[H_3O^+] - k_a C_i = 0 \quad (2)$ <p>Esta es una ecuación cuadrática y ¿cómo se resuelve? (<i>el profesor incluye la ecuación para solucionar cuadráticas</i>). Muchachos, esto se haría siempre y cuando $[H_3O^+]$ no sea despreciable. Pero, en este caso particular, es despreciable. Eso quiere decir que $[H_3O^+]$ tiende a cero y, por lo tanto, la ecuación solución nos quedaría:</p>	<p>estudiante, a partir de un cuestionamiento que él mismo plantea.</p>		<p>evaluación diagnóstica a partir de la pregunta, con el fin de la comprobación del diagnóstico, así como su estrategia de intervención en el ámbito cognitivo.</p>
---	---	--	--

$[H_3O^+]^2 = k_a C_i \quad (3)$ $\sqrt{[H_3O^+]^2} = \sqrt{k_a C_i} \quad (4)$ $[H_3O^+] = \sqrt{k_a C_i} \quad (5)$ <p>Entonces, muchachos miremos la ecuación (2) y la ecuación (5). Son muy diferentes, siendo la última mucho más sencilla de resolver. Pero, recuerden siempre y cuando el porcentaje sea menor a 1%</p> <p>Entonces, para la próxima clase traen calculada la $[H_3O^+]$ por ambos lados, por la cuadrática y por el método de aproximación y calculan el error.</p>			
<p style="text-align: center;">(Ep. 13: 0' – 10')</p> <p><i>En este episodio el profesor da un espacio en su clase para desarrollar un taller preparativo para el parcial acerca de los temas abordados hasta la fecha. La observación general, es que el profesor está presto a resolver inquietudes y los estudiantes trabajan individual y grupalmente.</i></p> <p>Profesor: en el examen habrá tres tipos de ejercicios: uno que lo tendrán que resolver con la cuadrática, otro lo pueden hacer despreciando el término de concentración, es decir, con la aproximación y el otro calculando el pH o pOH dependiendo lo que se les pida y de ahí calculan todas las especies en el equilibrio. Ya hicimos todos los ejemplos posibles del examen. ¿Listo?</p> <p>Muchachos, el otro tipo de ejercicio es la relación matemática entre k_p y k_c que también lo hice en clase y otro es deducir la ecuación matemática de k_w que también lo hice en clase. Muchachos yo no pongo cosas raras. ¿Listo? Todo sale de lo que hemos visto en clase, todo está en su</p>	<p>En este episodio en particular el profesor orienta el desarrollo del taller a partir de algunas dudas que tienen los estudiantes. Sin embargo, el protagonismo lo tienen los estudiantes ya que trabajan entre pares, con el fin de comparar sus procedimientos y resultados a cada uno de los ejercicios de lápiz y papel propuestos por el profesor.</p> <p>En esta dirección, el objetivo de la estrategia del profesor principalmente se centra en la evaluación diagnóstica, la comprobación y las estrategias de intervención que</p>	<p>OEC→CCE OEC→CEE OEC→CEV CEE→CCE CEV→CCE CEE→CEV</p>	<p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contingente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta, con el fin de la comprobación del diagnóstico, así como su estrategia de intervención en el ámbito cognitivo.</p> <p>Desvanecimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Respuestas muy breves del estudiante 1 y 3. El enriquecimiento topogenético es identificable, pero faltan elementos discursivos.

<p>cuaderno, el que vino a clase y está adelantado, sabe que todo eso está en el cuaderno.</p>	<p>sirven para orientar este tipo de espacios académicos que permiten evidenciar errores y aciertos conceptuales.</p> <p>Así mismo, es un espacio que fortalece los elementos del desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad ejecutados por parte del profesor, para fortalecer el control sobre el propio aprendizaje de los estudiantes y su rol como sujeto autónomo que aprende y reflexiona sobre su proceso.</p>		<p>Transferencia de responsabilidad</p> <p>1. Aunque el profesor genera momentos en los cuales se transfiera la responsabilidad y se identifique la autonomía de la estudiante, en este caso particular; las respuestas por parte de los estudiantes que van siendo retados conceptualmente, son breves en la interacción propuesta por el profesor, en alguna medida es posible evidenciar el enriquecimiento topogenético y los elementos discursivos.</p>
<p>(Ep. 14: 40' – 46' 20")</p> <p><i>Este episodio es la continuación del anterior. Sin embargo, en particular es relevante porque el profesor trabaja personalmente con una estudiante que tiene algunas dificultades conceptuales.</i></p> <p>Profesor: ¿qué es una base de Bronsted-Lowry?</p> <p>Estudiante: la que tiene la capacidad para recibir protones</p> <p>Profesor: entonces, si tienes el NH₃ y se considera una base ¿cómo queda cuando recibe un protón?</p> <p>Estudiante: NH₄⁺</p> <p>Profesor: listo. El NH₃ es neutro y cuando recibe un protón ¿cómo queda positivo o negativo?</p> <p>Estudiante: positivo</p> <p>Profesor: entonces, ¿por qué lo tenías negativo? Entonces, si te fijas, ¿está balanceada la ecuación?</p>	<p>En este episodio se observa que el profesor usa elementos (intenciones y medios) de la enseñanza contingente como el cuestionamiento a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante, a partir de un cuestionamiento que él mismo plantea.</p> <p>En alguna medida se observa cómo el profesor busca constantemente enseñar contingente y</p>	<p>OEC→CCE OEC→CC OEC→CEE OEC→CEV CC→CCE CC→CEE CEE→CCE CEV→CCE</p>	<p>Contingencia</p> <p>1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención</p> <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contingente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta, con el fin de la comprobación del diagnóstico, así como su estrategia de intervención en el ámbito cognitivo.</p> <p>Desvanecimiento</p>

<p>Estudiante: Si está balanceada</p> <p>Profesor: listo. Y, ¿qué tiene que ver K_w? ¿por qué lo colocaste?</p> <p>Estudiante: tuve un error profe.</p> <p>Profesor: no un error no, de ahí para abajo todo el ejercicio está malo. A ver, ¿qué es K_b?</p> <p>Estudiante: es una...</p> <p>Profesor: no, no, piense primero antes de decir cualquier cosa. Es que colocaste K_a y luego K_b. ¿Por qué K_a o por qué K_b?</p> <p>Estudiante: (<i>no se entiende el audio</i>)</p> <p>Profesor: no, nada que ver. ¿Cuándo planteo una constante de equilibrio K_a y cuándo K_b? Bueno, entonces, más atrás. ¿Qué es K? ¿qué significa esa K?</p> <p>Estudiante: Profe ya me acordé. K_a la planteo cuando estoy trabajando con un ácido y K_b con una base.</p> <p>Profesor: ¡muy bien! Entonces, acá estamos trabajando con una base. Por lo tanto, ¿qué planteó?</p> <p>Estudiante: K_b</p> <p>Profesor: ¡muy bien! ¿Cómo se plantea una constante de equilibrio?</p> <p>Estudiante: concentración de productos sobre concentración de reactivos.</p> <p>Profesor: ¡muy bien!</p>	<p>transfiere la responsabilidad en términos conceptuales y disciplinarios.</p> <p>Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio relacionados con la evaluación diagnóstica, son la respuesta al diagnóstico (por parte de los estudiantes), así como la comprobación a este diagnóstico y las estrategias de intervención que el profesor ejecuta con el fin de aclarar las dudas que en el episodio manifiestan los estudiantes.</p> <p>Es relevante cómo el profesor reta a los estudiantes de manera individual, así como grupal. De esta forma, los andamios que va colocando sirven para desarrollar la clase y diagnosticar, comprobar y ejecutar estrategias de intervención efectivas como parte de su estrategia de enseñanza fundamental en su acción docente.</p>		<p>1. Respuestas muy breves del estudiante 1 y 3. El enriquecimiento topogenético es identificable, pero faltan elementos discursivos.</p> <p>Transferencia de responsabilidad</p> <p>1. Aunque el profesor genera momentos en los cuales se transfiera la responsabilidad y se identifique la autonomía de la estudiante, en este caso particular; las respuestas por parte de la estudiante que van siendo retados conceptualmente, son breves en la interacción propuesta por el profesor, en alguna medida es posible evidenciar el enriquecimiento topogenético y los elementos discursivos.</p>
---	---	--	--

Tabla 6.

Transcripción de episodios de clase (Ep.) seleccionados del profesor Fernando

Transcripción episodio	Interpretación	Relaciones PCK	Elementos de Andamiaje
<p style="text-align: center;">(Ep. 1: 27^o – 46)</p> <p><i>En este episodio el profesor da un taller a los estudiantes, en grupos de dos, sobre conceptos que ellos ya deben manejar. Esto lo hace a modo de diagnóstico, con el fin de encaminar la secuencia de enseñanza y también a modo general el curso. El tiempo aproximado para resolverlo es de 20 minutos.</i></p> <p>Profesor: tratemos de sintetizar la idea para que ahora socialicemos las respuestas. Entonces iniciemos con la primera pregunta. ¿Qué sucede con las mutaciones en el genotipo y en la proteína? ¿Qué nos pueden contar al respecto?</p> <p>Estudiante 1: son cambios en el material genético, precisamente en la secuencia de nucleótidos y esto quiere decir que pueden haber errores en los procesos de replicación y de transcripción del ADN y del ARN, respectivamente. Además, las mutaciones pueden ser puntuales, espontáneas o inducidas por distintos agentes o procesos físicos y químicos.</p> <p>Profesor: y, ¿las proteínas qué tienen qué ver ahí?</p> <p>Estudiante 1: ¿cómo así?</p> <p>Profesor: sí, porque la pregunta radica si son cambios en el ADN o en las proteínas.</p> <p>Estudiante 2: pues como el material genético antes del proceso de traducción de aminoácidos y de ahí a proteínas, luego la replicación y la transcripción, ahí en ese proceso es donde se generan los errores.</p> <p>Profesor: ¿ahí dónde?</p> <p>Estudiante 2: en la transcripción y en la replicación.</p> <p>Profesor: entonces, el grupo 1 dice que esos errores que generan cambios, están relacionados directamente con traducción y transcripción.</p> <p>Estudiante 1: no profe, replicación y transcripción.</p> <p>Profesor: entonces, ¿en la traducción no hay errores?</p>	<p>El enriquecimiento o topogenético de los estudiantes participes en este episodio, permiten evidenciar un dominio conceptual desde lo disciplinar. De esta forma, se considera que son evidentes el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad (Cómo justificar que el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad se comportan como dupla. Es decir, que una depende de la otra.</p> <p><i>Rpta: es posible por las mismas definiciones y por el mismo modelo conceptual: tienen un comportamiento inversamente proporcional, mientras el</i></p>	<p>OEC→CC OEC→CEV OEC→CCE CEE→CCE CEE→CEV CEV→CCE CCE→CEV CCtx→CCE CEE→CCtx CCtx→CEV</p>	<p>En este episodio en particular, se evidencia que están en juego los tres elementos del andamiaje: Contingencia (C), Desvanecimiento (D), y Transferencia de Responsabilidad (TR). Esto, posibilita que el profesor movilice su discurso desde la enseñanza contingente que se observa que desarrolla, así como el constante desvanecimiento y transferencia de responsabilidad, al ceder el control del aprendizaje a sus estudiantes, haciéndolos participantes activos, con el fin de que adquieran un rol autónomo y protagónico en su proceso de construcción de conocimiento.</p> <p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para</p>

<p>Estudiante 1: sí hay errores...</p> <p>Profesor: pero no asociados a mutación.</p> <p>Estudiantes: si profe.</p> <p>Profesor: entonces, para ustedes la mutación se da en la proteína o, ¿en dónde?</p> <p>Estudiante 3: profe, lo que sucede es que la mutación puede ocurrir en el material genético y en las proteínas. Lo que sucede es que no todas las mutaciones se expresan en la proteína.</p> <p>Profesor: ok. Entonces, como ya todos están como en un consenso. Se puede expresar en la proteína. Es decir, que la mutación se puede expresar en la proteína.</p> <p>Estudiante 1: dependiendo el tipo de mutación. Por ejemplo, hay una mutación silenciosa que no se expresan en la proteína, pero sí en la codificación del marco de lectura. Es decir, en el ADN.</p> <p>Profesor: ¡bien! En ese orden de ideas, ¿puede el ADN permanecer intacto y la proteína que se genere se corrobore con la información contenida en un gen?</p> <p>Estudiantes: si</p> <p>Profesor: entonces, ¿ahí qué pasó?</p> <p>Estudiante 4: puede que haya habido un error en el proceso de transcripción</p> <p>Estudiante 5: yo digo que el error sucede en el proceso de splicing</p> <p>Profesor: en el splicing o maduración del RNA mensajero puede haber un splicing erróneo, como por ejemplo modificaciones postinstruccionales que hacen que la función de la proteína se altere.</p> <p>Entonces, estamos en consenso que los cambios que producen estas mutaciones es en el ADN. ¿Pero entonces, esta mutación uno la ve reflejada en el fenotipo o uno la puede portar solamente?</p> <p>Estudiante 4: puede ser recesivo.</p> <p>Profesor: ¿qué significa eso?</p> <p>Estudiante 4: que cuando está en compañía de otro alelo que sea dominante, sólo se expresa en dominante.</p> <p>Profesor: es decir, la característica recesiva son características que se expresan cuando es homocigoto. Entonces, volviendo al consenso, ¿podemos definir esas mutaciones como errores? ¿Si o no?</p> <p>Estudiantes: no</p> <p>Profesor: y ¿por qué?</p>	<p><i>Desvanecimiento (es un elemento que se ve en el profesor) disminuye, la Transferencia de Responsabilidad (es un elemento que se ve en el estudiante) aumenta. Es decir, una vez el profesor retira gradualmente el apoyo en la "tarea" direcciona un mayor control del aprendizaje hacia el aprendiz. Por esta razón, se puede parecer en cierta medida a la dupla Devolución-Regulación) como elementos desarrollados por el profesor como parte de sus estrategias de enseñanza y mecanismos evaluativos.</i></p> <p>En esta dirección el profesor permanentemente reta a los estudiantes siendo dinámico en el</p>		<p>ejecutar la enseñanza contingente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta, con el fin de la comprobación del diagnóstico, así como su estrategia de intervención en el ámbito cognitivo.</p> <p>Desvanecimiento</p> <p>1. Respuestas de los estudiantes. El enriquecimiento topogenético es identificable, sumándose los elementos discursivos que aparecen permanentemente.</p> <p>Transferencia de responsabilidad</p> <p>El profesor genera momentos en los cuales se transfiera la responsabilidad (retirando el andamio) y se identifique la autonomía de los estudiantes, observando cómo van siendo retados conceptualmente, y obteniendo las respuestas al diagnóstico en la interacción propuesta por el profesor. En alguna medida es posible evidenciar el enriquecimiento</p>
---	---	--	--

<p>Estudiante 2: por cuestiones del ambiente. Es decir, se tenía la mutación y el ambiente cambia y</p> <p>Profesor: pero, ¿la mutación se generó por un error?</p> <p>Estudiante 2: no necesariamente, porque ¿qué estamos entendiendo por error? Uno piensa que es algo malo.</p> <p>Profesor: no, cuando nos referimos a error, es a error de replicación. Por ejemplo, si supuestamente tenemos un nucleótido timina, adenina, citosina y, ¿la enzima que se encarga de generar esa replicación se llama?</p> <p>Estudiantes: AND-a polimerasa</p> <p>Profesor: es correcto. Entonces, si ella debe pegar una adenina para que se una a la timina y genera un cambio por un nucleótido que no es, entonces, ¿esto es un error?</p> <p>Estudiantes: si.</p> <p>Profesor: entonces, ¿las mutaciones se generan por errores?</p> <p>Estudiantes: si</p> <p>Estudiante 1: en este caso particular sí, pero no en todos los casos. Por ejemplo, si hay un agente externo como los rayos UV no es un error en la replicación de la enzima.</p> <p>Estudiante 6: pero en ese caso, la radiación indujo un error.</p> <p>Profesor: entonces, podemos concluir que la. Mutación es un error.</p> <p>Estudiante 7: para mi es un error en el marco de lectura de la síntesis de ADN</p> <p>Profesor: pero, es un error. Entonces, podemos decir que somos el producto de los errores.</p> <p>Estudiantes: si.</p> <p>Profesor: bueno, la segunda pregunta. Vamos analizarla María Isabel</p> <p>Estudiante 7: ¿De qué manera aparecen nuevos alelos en la población?</p> <p>Profesor: ¿de qué manera aparecen?</p> <p>Estudiante 7: estaríamos hablando que, por cambios en el ambiente, lo que produce que el organismo que vaya a mutar se vea afectado por el ambiente y así pueda subsistir.</p> <p>Profesor: póngamelo con un ejemplo, porque está como enredado.</p> <p>Estudiante: el cambio de color de una mariposa. El caso de las fabricas en</p>	<p>retiro y colocación del andamio que utiliza en su discurso basado en preguntas conceptuales que orientan el desarrollo de la clase.</p> <p>En este episodio se observa que el profesor usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la <i>enseñanza contingente</i> como el cuestionamiento o a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante, a partir de un cuestionamiento o que él mismo plantea.</p> <p>Se observa cómo el profesor busca constantemente enseñar contigentemente y transfiere la responsabilidad en términos conceptuales y disciplinares. Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio relacionados</p>		<p>topogenético y los elementos discursivos por para de los estudiantes que interactúan en el episodio.</p>
---	---	--	---

<p>Inglaterra que hizo que las mariposas cambiaran su fenotipo para poder subsistir en este ambiente.</p> <p>Profesor: ¡muy bien! ¿Todos conocen ese caso?</p> <p>Estudiantes: no</p> <p>Profesor: existía una población de mariposas muy bonitas con colores específicos y vivían en un bosque muy felices. Unas eran claras y otras tenían una coloración oscura. Entonces, ahí estaba la población y la coloración clara daba una ventaja evolutiva porque sobre los arboles que ellas se posaban cierto tipo de musgo permitía el camuflaje. Entonces, las aves iban a ver más fácil, obviamente, a las oscuras. Entonces, es una presión de selección sobre ese fenotipo.</p> <p>Estudiante 5: profe, entonces, por derivaje.</p> <p>Profesor: más adelante abordaremos ese concepto. Entonces, de esa manera, las mariposas claras podían sobrevivir. De esta forma, Ana Isabel dice que los alelos aparecen por cambios en el ambiente, porque luego cerca del bosque empezó a producirse mucho hollín que cayó a los líquenes cambiando la coloración del musgo, haciéndolo oscuro y ahí la ventaja que tenían las mariposas claras se perdió. Entonces, lo que Ana Isabel propone es que las mariposas claras debido a esto cambiaron y se volvieron oscuras.</p> <p>Estudiante 6: No</p> <p>Profesor: ¿por qué no?</p> <p>Estudiante 6: porque esos genes ya estaban allí, entonces, cuando hubo el cambio las negritas que ya tenían el alelo de negritas pudieron subsistir porque ahora el musgo era negro por razones del ambiente. En cambio, las blanquitas empezaron a acabarse porque ya no tenían ventaja evolutiva.</p> <p>Profesor: entonces, ¿cómo apareció ese alelo?</p> <p>Estudiantes: una mutación.</p> <p>Profesor: acá lo que debe quedar claro es que no todas las mutaciones generan ventajas en el fenotipo. Acá se generó una ventaja particular, pero no en todos los casos sucede igual.</p> <p>Estudiante 5: lo que sucede acá específicamente, es que el ambiente hace</p>	<p>con la evaluación diagnóstica, son la respuesta al diagnóstico (por parte de los estudiantes), así como la comprobación a este diagnóstico y las estrategias de intervención que el profesor ejecuta con el fin de aclarar las dudas que en el episodio manifiestan los estudiantes.</p> <p>Es relevante cómo el profesor reta a los estudiantes de manera individual, así como grupal. De esta forma, los andamios que va colocando sirven para desarrollar la clase y diagnosticar, comprobar y ejecutar estrategias de intervención efectivas como parte de su estrategia de enseñanza fundamental en su acción docente, así como un</p>		
---	--	--	--

<p>que la aparición de frecuencia del alelo (mariposa clara) disminuya. Profesor: entonces, ¿cómo apareció ese alelo nuevo? Estudiantes: por una mutación. Profesor: si, una mutación. Cambios en el material genético. Ese cambio en el material genético ha permitido la diversidad de las poblaciones. Estudiante 5: además, hay que tener claro que muchas mutaciones no representan ventajas sino desventajas.</p>	<p>mecanismo evaluativo a partir de la calidad de las preguntas que les plantea.</p>		
<p style="text-align: center;">(Ep. 2: 0' – 11')</p> <p><i>En este episodio continúa la socialización de las preguntas del taller del video anterior.</i></p> <p>Profesor: tercera pregunta. ¿Todas las mutaciones son relevantes en la evolución? Estudiantes: no Profesor: ¿por qué no? Estudiante 1: nosotros pusimos que había células somáticas y células gameto y en las células somáticas no pasan a la segunda generación Profesor: ¿las somáticas no pasan a la siguiente generación? Estudiante 1: pasan sólo las gaméticas Profesor: ¿Están todos de acuerdo? Estudiante 2: No Profesor: ¿usted por qué no está de acuerdo? Estudiante 2: porque finalmente el origen de un gameto es una célula somática que se diferencia Profesor: en conclusión, todas las mutaciones... Estudiantes: no Profesor: ... ella (haciendo referencia a la estudiante 1) se enfoca en las somáticas y sexuales, porque sólo las sexuales son las que tienen relación con la siguiente generación. Es decir, para ustedes (haciendo referencia al grupo que responde la pregunta) según su visión para que se hable de evolución, estamos hablando de generaciones sucesivas. Estudiante 2: y, ¿los organismos que no tienen reproducción sexual? Profesor: ¡exactamente! ¡Muy bien! Estamos muy antropocentristas. Y, ¿los</p>	<p>El enriquecimiento o topogenético de los estudiantes partícipes en este episodio, permiten evidenciar un dominio conceptual desde lo disciplinar. De esta forma, se considera que son evidentes el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad como elementos desarrollados por el profesor como parte de sus estrategias de enseñanza y mecanismos evaluativos.</p> <p>En esta dirección el profesor permanentemente reta a los estudiantes siendo</p>	<p>OEC→CC OEC→CEV OEC→CCE CEE→CCE CEE→CEV CEV→CCE CCE→CEV CCtx→CCE CCtx→CEE CCtx→CEV</p>	<p>En este episodio en particular, se evidencia que están en juego los tres elementos del andamiaje: Contingencia (C), Desvanecimiento (D), y Transferencia de Responsabilidad (TR). Esto, posibilita que el profesor movilice su discurso desde la enseñanza contingente que se observa que desarrolla, así como el constante desvanecimiento y transferencia de responsabilidad, al ceder el control del aprendizaje a sus estudiantes, haciéndolos partícipes activos, con el fin de que adquieran un rol autónomo y protagónico en su proceso de construcción de conocimiento.</p> <p style="text-align: center;">Contingencia</p> <p>1. Cuestionamiento</p>

<p>organismos de reproducción asexual? ¿Qué pasa con esos organismos que no forman gametos para reproducirse?</p> <p>Profesor: mutaciones en algunas partes, por ejemplo, de plantas que alteran su estructura se puede dar. Y, ¿en las demás?</p> <p>Estudiante 2: bipartición, gemación.</p> <p>Profesor: ¡muy bien!</p> <p>Estudiante 3: profe, ¿y en los humanos?</p> <p>Profesor: ¿Qué pasa en los humanos?</p> <p>Estudiante 3: por ejemplo, como estábamos diciendo, si pasa una mutación en una célula somática de un humano, pues no está en los gametos, entonces, ¿no pasa nada?</p> <p>Profesor: si yo me dedico a comer alimentos con pura tartrazina, o estoy en contacto con un mutágeno porque trabajo con benceno, por ejemplo, con rayos X, es decir, estoy expuesto a esos agentes y si las células somáticas se me afectan y me da un cáncer, ¿yo se la heredo a mis hijos?</p> <p>Estudiantes: no necesariamente</p> <p>Profesor: aunque según estudios plantean que algunos alelos de personas con cáncer son hereditarios, el caso que estamos poniendo de ejemplo que los rayos X afecten mi tórax por razones laborales, esto no quiere decir que mis espermatozoides estén afectados para desarrollar cáncer en mis descendientes. Entonces, para poder saber si se va a heredar esa condición lo que tiene que saber es si es origen genético o adquirido. La única manera en que pase a la siguiente generación es que se alteren los gametos, como lo dijo Luisa (<i>estudiante 1</i>). Si el gameto se ve alterado cuando yo pase ese gameto la mitad de la información genética ya viene con la mutación y depende lo que pase la madre vamos a ver si se expresa o no. Es decir, si yo paso la mutación, pero la mamá tiene un alelo bueno, muchas veces en heterocigosis, muchas veces, ese alelo es el dominante.</p>	<p>dinámico en el retiro y colocación del andamio que utiliza en su discurso basado en preguntas conceptuales que orientan el desarrollo de la clase.</p> <p>En este episodio se observa que el profesor usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la <i>enseñanza contingente</i> como el cuestionamiento o a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante, a partir de un cuestionamiento o que él mismo plantea. Se observa cómo el profesor busca constantemente enseñar contingente y transfiere la responsabilidad en términos conceptuales y disciplinares. Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio</p>		<p>2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención</p> <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contingente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta, con el fin de la comprobación del diagnóstico, así como su estrategia de intervención en el ámbito cognitivo.</p> <p>Desvanecimiento</p> <p>1. Respuestas de los estudiantes. El enriquecimiento topogenético es identificable, sumándose los elementos discursivos que aparecen permanentemente.</p> <p>Transferencia de responsabilidad</p> <p>El profesor genera momentos en los cuales se transfiere la responsabilidad (retirando el andamio) y se identifique la autonomía de los estudiantes, observando cómo van siendo retados conceptualmente, y obteniendo las</p>
--	--	--	---

	<p>relacionados con la evaluación diagnóstica, son la respuesta al diagnóstico (por parte de los estudiantes), así como la comprobación a este diagnóstico y las estrategias de intervención que el profesor ejecuta con el fin de aclarar las dudas que en el episodio manifiestan los estudiantes.</p> <p>Es relevante cómo el profesor reta a los estudiantes de manera individual, así como grupal. De esta forma, los andamios que va colocando sirven para desarrollar la clase y diagnosticar, comprobar y ejecutar estrategias de intervención efectivas como parte de su estrategia de enseñanza fundamental en su acción docente, así</p>		<p>respuestas al diagnóstico en la interacción propuesta por el profesor. En alguna medida es posible evidenciar el enriquecimiento topogenético y los elementos discursivos por para de los estudiantes que interactúan en el episodio.</p>
--	---	--	--

	como un mecanismo evaluativo a partir de la calidad de las preguntas que les plantea.		
<p style="text-align: center;">(Ep. 3: 0' – 15')</p> <p><i>En este episodio se inicia con la explicación de la temática de mutaciones inducidas por parte del profesor.</i></p> <p>Profesor: ¿conocen ustedes algún agente biológico que induzca mutaciones? Estudiantes: sí, por ejemplo, los virus Profesor: los mutágenos como las radiaciones pueden alterar el material genético formando unos dímeros o apareamientos erróneos de las bases nitrogenadas. Entonces, al formar esos dímeros se ve bloqueada la replicación y si la replicación no se da, las células no se reproducen y por eso este tipo de mutación genera muerte celular. Dentro de los mutágenos químicos, tenemos por ejemplo el ácido nitroso, los agentes alquilantes. Los agentes alquilantes, por ejemplo, cambian la constitución de las guaninas alterando las bases nitrogenadas y evita que se formen puentes de hidrógeno, al presentarse esta última situación la molécula se vuelve inestable y puede sufrir alteración. También están los bromuros, los cuales se meten en la cadena de ADN. (Yo les envío las diapositivas donde encontrarán información adicional). Estas mutaciones también se pueden clasificar dependiendo del impacto que causen al genoma. Entonces, vamos hablar de dos grandes tipos: unas mutaciones que vamos a llamar mutaciones génicas y otras las vamos a llamar mutaciones cromosómicas. Y éstas últimas vamos hablar de dos tipos: estructurales y genómicas. Cuando hablemos de las mutaciones génicas, nos vamos a referir a mutaciones que afectan un gen. Cuando hablemos de la cromosómica vamos hablar de mutaciones</p>	<p>A diferencia de los episodios 1 y 2, en éste el profesor tiene un papel más protagónico. Sin embargo, su acción docente desde la estrategia de enseñanza que plantea tiene el mismo objetivo de retar a los estudiantes, con el fin de construir conocimiento entre los participantes de la clase. Es decir, la interacción profesor - estudiante.</p> <p>El enriquecimiento o topogenético de los estudiantes participantes en este episodio, permiten evidenciar un dominio conceptual desde lo disciplinar. De esta forma, se considera que son evidentes el desvanecimien</p>	<p>OEC→CC OEC→CEE OEC→CEV OEC→CCE OEC→CCtx CC→CCE CEV→CCE CEE→CEV CEE→CCE CCtx→CEE CCtx→CCE</p>	<p>En este episodio en particular, se evidencia que están en juego los tres elementos del andamiaje: Contingencia (C), Desvanecimiento (D), y Transferencia de Responsabilidad (TR). Esto, posibilita que el profesor movilice su discurso desde la enseñanza contingente que se observa que desarrolla, así como el constante desvanecimiento y transferencia de responsabilidad, al ceder el control del aprendizaje a sus estudiantes, haciéndolos participantes activos, con el fin de que adquieran un rol autónomo y protagónico en su proceso de construcción de conocimiento.</p> <p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención

<p>que afectan la forma o la estructura del cromosoma o el número del gen. Entonces, vamos hablar primero de las génicas. Entonces, hay mutaciones por sustitución de base. ¿qué quiere decir eso? Que se cambia una base por otra que no corresponda. Eso es una sustitución. Entonces, se puede sustituir una púrica por una púrica o una púrica por una pirimídica. ¿recuerdan qué es púrica y pirimídica?</p> <p>Estudiantes: corresponde al anillo que tiene esa base.</p> <p>Profesor: ¡muy bien! Ahora se va a llamar transición cuando se cambia una púrica por una púrica o pirimídica por una pirimídica. Y transversión si es una de un anillo (pirimídica) por una de dos anillos (púrica) Un ejemplo lo podemos observar en la diapositiva donde en una hebra se cambia en la posición 4 una adenina por una guanina. Entonces, las mutaciones génicas, como ustedes lo decían, ahora, puede que tengan un impacto en el fenotipo o no. Porque también como decían ahora, el código genético presenta codones sinónimos. ¿qué son esos codones sinónimos?</p> <p>Estudiante 1: que varios codones codifican para un mismo aminoácido.</p> <p>Profesor: ¡muy bien! Por lo tanto, está la mutación, pero en el fenotipo se ve igual. ¿Entendido? Ahora yo les pregunto: tengo material genético y se da la mutación y esa mutación hace que se genere otro aminoácido diferente, pero la proteína que se genera funciona, ¿ahí qué sucede con respecto a esa mutación?</p> <p>Estudiante 2: pues creo que tiene que ver especialmente con el sitio activo de la proteína. No toda la proteína es funcional. Entonces, si el cambio en el aminoácido ocurre donde no está la función o el sitio ligado directamente ligado a la función no habrá ninguna alteración y la proteína puede seguir funcionando. Pero si el aminoácido está ligado a una parte funcional o a una parte donde se unen varias proteínas, un punto donde la proteína debe tener determinada forma para unirse a otra ahí si habrá una modificación o un cambio.</p> <p>Profesor: por eso, pero no está afectando el funcionamiento.</p>	<p>to y la transferencia de responsabilidad como elementos desarrollados por el profesor como parte de sus estrategias de enseñanza y mecanismos evaluativos.</p> <p>En esta dirección el profesor permanentemente reta a los estudiantes siendo dinámico en el retiro y colocación del andamio que utiliza en su discurso basado en preguntas conceptuales que orientan el desarrollo de la clase.</p> <p>En este episodio se observa que el profesor usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la <i>enseñanza contingente</i> como el cuestionamiento o a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante, a</p>		<p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contingente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta, con el fin de la comprobación del diagnóstico, así como su estrategia de intervención en el ámbito cognitivo.</p> <p>Desvanecimiento</p> <p>1. Respuestas de los estudiantes. El enriquecimiento topogenético es identificable, sumándose los elementos discursivos que aparecen permanentemente.</p> <p>Transferencia de responsabilidad</p> <p>El profesor genera momentos en los cuales se transfiera la responsabilidad (retirando el andamio) y se identifique la autonomía de los estudiantes, observando cómo van siendo retados conceptualmente, y obteniendo las respuestas al diagnóstico en la interacción propuesta por el</p>
---	--	--	--

<p>Estudiante 3: entonces, ¿qué está pasando ahí?</p> <p>Profesor: esa es mi pregunta, ¿cómo podemos definir ese tipo de mutación?</p> <p>Estudiante 4: una mutación neutra</p> <p>Profesor: ¿cómo así?</p> <p>Estudiante 4: es decir, no inhibe la proteína, pero tampoco mejora su eficiencia.</p> <p>Profesor: ¿están de acuerdo?</p> <p>Estudiantes: si</p> <p>Profesor: bueno, cuando estábamos hablando de esa mutación y si la proteína sufre un cambio y queda defectuosa no cumple su función. Pero, si se da el cambio por otro aminoácido y también cambio de codón, pero la proteína sigue siendo funcional, eso se denomina <u>polimorfismo</u>. Todos aquí somos polimórficos, ¿cierto? Es decir, tenemos cambios en aminoácidos que estén involucrados en el color de los ojos y todos vemos bien, o polimorfismos para el color natural del pelo, si es liso, si es rizado. Entonces, son variantes, eso obedece a polimorfismos que se pueden presentar.</p> <p>Estudiante 5: pero, entonces, eso es una mutación génica.</p> <p>Profesor: sí claro, es una mutación.</p>	<p>partir de un cuestionamiento o que él mismo plantea.</p> <p>Se observa cómo el profesor busca constantemente enseñar contigentemente y transfiere la responsabilidad en términos conceptuales y disciplinares.</p> <p>Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio relacionados con la evaluación diagnóstica, son la respuesta al diagnóstico (por parte de los estudiantes), así como la comprobación a este diagnóstico y las estrategias de intervención que el profesor ejecuta con el fin de aclarar las dudas que en el episodio manifiestan los estudiantes.</p> <p>Es relevante cómo el profesor reta a los estudiantes de manera</p>		<p>profesor. En alguna medida es posible evidenciar el enriquecimiento topogenético y los elementos discursivos por para de los estudiantes que interactúan en el episodio.</p>
--	--	--	---

	<p>individual, así como grupal. De esta forma, los andamios que va colocando sirven para desarrollar la clase y diagnosticar, comprobar y ejecutar estrategias de intervención efectivas como parte de su estrategia de enseñanza fundamental en su acción docente, así como un mecanismo evaluativo a partir de la calidad de las preguntas que les plantea.</p>		
<p style="text-align: center;">(Ep. 4: 18' – 33')</p> <p><i>En este episodio específico el profesor les plantea un problema a cada estudiante relacionado con la temática que están abordando que es mutaciones génicas. Esto con el fin de que expliquen el tipo de mutación y cómo se da el mecanismo en cada caso.</i></p> <p>Profesor: Entonces, les voy a poner un ejercicio para que ustedes construyan un ejercicio muy simple. Van a suponer una secuencia de ADN, pero entonces, esa secuencia de ADN debe codificar una proteína de 10 aminoácidos, le siguen una hebra de ADN, “gen” (<i>comillas por el profesor</i>) hipotético –para que después no vayan a decir que por qué un gen tan pequeño–. Es decir, un gen hipotético que produzca una proteína de 10 aminoácidos. Pero, ¿qué tiene que tener ese gen? Tiene que tener tres regiones intrónicas del tamaño</p>	<p>El enriquecimiento o topogenético de los estudiantes participantes en este episodio, permiten evidenciar un dominio conceptual desde lo disciplinar. De esta forma, se considera que son evidentes el desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad como</p>	<p>OEC→CC OEC→CEE OEC→CEV OEC→CCE OEC→CCtx CC→CCE CEV→CCE CEE→CEV CEE→CCE CCtx→CEE CCtx→CCE</p>	<p>En este episodio en particular, se evidencia que están en juego los tres elementos del andamiaje: Contingencia (C), Desvanecimiento (D), y Transferencia de Responsabilidad (TR). Esto, posibilita que el profesor movilice su discurso desde la enseñanza contingente que se observa que desarrolla, así como el constante desvanecimiento y transferencia de responsabilidad, al</p>

<p>que ustedes quieran. ¿Listo? Es decir, hacen el gen normal y vamos hacer lo siguiente: (i) Alejandra, va a construir a parte de ese gen normal, una mutación que sea por sustitución y genere una proteína incompleta o sea una sin sentido; (ii) Santiago, construye una mutación que sea una sustitución sinónimo; (iii) usted, me construye un polimorfismo; (iv) usted, una inserción, (v) usted una delección; (vi) usted una no sinónimo; (vii) usted una sin sentido; (viii) Sergio un polimorfismo.</p> <p>Para eso 10 minutos es mucho. Les voy a poner el código genético en la diapositiva para que lo tengan en cuenta. Ahí pueden ver los tripletes. Y tenemos 10 minutos porque ya se va a terminar la clase, para mirar las proteínas que construyeron. Entonces, sean muy sintéticos y háganlo con lapicito.</p> <p>Además, recuerden que lo que aparece aquí (haciendo referencia al código genético que proyecta en la diapositiva) son los codones del RNA-mensajero.</p> <p>Hagan los intrones con un colorcito diferente para que se note.</p> <p>Estudiante 1: Profesor, es decir, que si conozco el RNA-mensajero que me va a sintetizar la proteína ya sé dónde poner el stop.</p> <p>Profesor: es correcto. Y así ya sé donde van los intrones, exones, etc.</p> <p>Estudiante 1: profe, ¿qué proteína hace el recorte para los intrones?</p> <p>Profesor: el espliceosoma, que es ARN con proteínas.</p> <p>Estudiante 1: y, ¿cómo reconoce la región?</p> <p>Profesor: hay una secuencia de reconocimiento y el RNA se une a ella. Y esa región puede variar, es decir, que el mismo gen me puede dar diferentes proteínas.</p> <p>Estudiante 1: Profe, entonces antes de la metionina, pues antes del A-U-G puede ir un intrón, ¿cierto?</p> <p>Profesor: No, antes de la A-U-G va el promotor, que es la región promotora que es donde se vincula la RNA-polimerasa para que inicie su proceso ahí en los actores de transcripción. Lo de los intrones es en el cuerpo de codificación.</p> <p>Estudiante 2: profe se me olvidó.</p>	<p>elementos desarrollados por el profesor como parte de sus estrategias de enseñanza y mecanismos evaluativos.</p> <p>En esta dirección el profesor permanentemente reta a los estudiantes siendo dinámico en el retiro y colocación del andamio que utiliza en su discurso basado en preguntas conceptuales que orientan el desarrollo de la clase.</p> <p>En este episodio se observa que el profesor usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la <i>enseñanza contingente</i> como el cuestionamiento o a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante, a partir de un cuestionamiento o que él mismo plantea.</p>		<p>ceder el control del aprendizaje a sus estudiantes, haciéndolos partícipes activos, con el fin de que adquieran un rol autónomo y protagonista en su proceso de construcción de conocimiento.</p> <p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contingente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta, con el fin de la comprobación del diagnóstico, así como su estrategia de intervención en el ámbito cognitivo.</p> <p>Desvanecimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Respuestas de los estudiantes. El enriquecimiento topogenético es identificable, sumándose los elementos discursivos que aparecen permanentemente.
---	---	--	---

<p>Profesor: a ver miremos. Tenemos que imaginar un gen y el gen está constituido de nucleótidos. ¿Cuáles son los nucleótidos?</p> <p>Estudiante 2: A, C, G, T, U.</p> <p>Profesor: <i>(no se escucha muy bien en la filmación. El profesor le está explicando generalidades del proceso que se tiene que llevar a cabo, como lo es la síntesis de proteínas, a partir de la combinación de los tripletes de nucleótidos y cómo la RNA-polimerasa codifica cada aminoácido. Esto con el fin de cumplir con el problema que él colocó)</i></p> <p>Estudiante 2: ya me quedó más claro.</p> <p>Profesor: muchachos recuerden. Primero hacen la proteína normal y luego la proteína mutante, para identificar el cambio.</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><i>Observación de la clase: A pesar de que el trabajo que están realizando los estudiantes debe ser individual, se conforman grupos (parejas) de discusión, con el fin de aclarar inquietudes y, así mismo, esto permite evaluar el trabajo de su par. Esto es interesante, porque es iniciativa de los mismos estudiantes, sin ninguna directriz del profesor. Lo que se puede sugerir es que se autorregulan y son autónomos en su proceso de construcción de conocimiento; por tanto, es el fin último del andamiaje.</i></p> <hr/>	<p>Se observa cómo el profesor busca constantemente enseñar contigentemente y transfiere la responsabilidad en términos conceptuales y disciplinares. Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio relacionados con la evaluación diagnóstica, son la respuesta al diagnóstico (por parte de los estudiantes), así como la comprobación a este diagnóstico y las estrategias de intervención que el profesor ejecuta con el fin de aclarar las dudas que en el episodio manifiestan los estudiantes.</p> <p>Es relevante cómo el profesor reta a los estudiantes de manera individual, así como grupal. De esta forma, los andamios</p>		<p>Transferencia de responsabilidad</p> <p>El profesor genera momentos en los cuales se transfiera la responsabilidad (retirando el andamio) y se identifique la autonomía de los estudiantes, observando cómo van siendo retados conceptualmente, y obteniendo las respuestas al diagnóstico en la interacción propuesta por el profesor. En alguna medida es posible evidenciar el enriquecimiento topogenético y los elementos discursivos por para de los estudiantes que interactúan en el episodio.</p>
--	--	--	--

	<p>que va colocando sirven para desarrollar la clase y diagnósticar, comprobar y ejecutar estrategias de intervención efectivas como parte de su estrategia de enseñanza fundamental en su acción docente, así como un mecanismo evaluativo a partir de la calidad de las preguntas que les plantea.</p>		
<p style="text-align: center;">(Ep. 5: 33' 35" – 36')</p> <p><i>En este episodio en particular el profesor se da cuenta que hay algunas dudas conceptuales, por lo que decide recordar de manera general cómo se genera el proceso para que comprendan cómo desarrollar la actividad.</i></p> <p>Profesor: ¡muchachos recorderis! El gen es doble hélice, ¿cierto? Porque estamos hablando de ADN. Entonces, supongamos que a partir de una de las hélices es la que va a servir de molde para hacer la transcripción. Supongamos, se genera un transcripto primario. Ese transcripto primario, según las condiciones que yo puse debe tener unas regiones intrónicas, luego se madura y se retiran esas regiones, queda con RNA-mensajero. ¿Listo? Y luego ese RNA-mensajero hace la traducción y se genera la cadena de aminoácidos que según la condición que puse eran 10. ¿Listo? Hacen la proteína normal y luego hacen la proteína con la mutación que les dije a cada uno.</p>	<p>En el presente episodio el profesor tiene un papel protagónico. Sin embargo, su acción docente desde la estrategia de enseñanza que plantea regular los aprendizajes de los estudiantes, aclarando dudas conceptuales con el fin de fortalecer la construcción de conocimiento de los estudiantes que en la interacción</p>	<p>CC→CCE CEE→CCE OEC→CCE</p>	<p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contingente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta, con el fin de la comprobación del diagnóstico, así como su estrategia de intervención en el ámbito cognitivo.</p>

	entre profesor y estudiantes.		
<p style="text-align: center;">(Ep. 6: 36' – 37')</p> <p><i>En este episodio específico el profesor plantea una pregunta conceptual a un par de estudiantes.</i></p> <p>Profesor: Santiago, ¿qué pasa si la mutación está en una región intrónica?</p> <p>Estudiante 1 (Santiago): la proteína podría cambiar o no ser funcional</p> <p>Profesor: ¿Qué dice Juan Fernando?</p> <p>Estudiante 1 (Juan Fernando): no pasaría nada</p> <p>Profesor: ¡exacto!, no pasaría nada porque ella no hace parte del RNA-mensajero maduro y no afecta la zona de transcripción.</p>	<p>En este episodio se observa que el profesor usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la <i>enseñanza contingente</i> como el cuestionamiento o a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del estudiante, a partir de un cuestionamiento o que él mismo plantea.</p> <p>Se observa cómo el profesor busca constantemente enseñar contingente y transfiere la responsabilidad en términos conceptuales y disciplinares. Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio relacionados con la evaluación diagnóstica, son la respuesta al diagnóstico (por parte de los estudiantes), así como la</p>	<p>OEC→CCE CEE→CEV CEV→CCE CEE→CCE</p>	<p>En este episodio en particular, se evidencia que están en juego los tres elementos del andamiaje: Contingencia (C), Desvanecimiento (D), y Transferencia de Responsabilidad (TR). Esto, posibilita que el profesor movilice su discurso desde la enseñanza contingente que se observa que desarrolla, así como el constante desvanecimiento y transferencia de responsabilidad, al ceder el control del aprendizaje a sus estudiantes, haciéndolos partícipes activos, con el fin de que adquieran un rol autónomo y protagónico en su proceso de construcción de conocimiento.</p> <p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza</p>

	<p>comprobación a este diagnóstico.</p>	<p>contingentemente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta, con el fin de la comprobación del diagnóstico, así como su estrategia de intervención en el ámbito cognitivo.</p> <p>Desvanecimiento</p> <p>1. Respuestas de los estudiantes. El enriquecimiento topogenético es identificable, sumándose los elementos discursivos que aparecen permanentemente.</p> <p>Transferencia de responsabilidad</p> <p>El profesor genera momentos en los cuales se transfiera la responsabilidad (retirando el andamio) y se identifique la autonomía de los estudiantes, observando cómo van siendo retados conceptualmente, y obteniendo las respuestas al diagnóstico en la interacción propuesta por el profesor. En alguna medida es posible evidenciar el enriquecimiento topogenético y los elementos</p>
--	---	--

			discursivos por para de los estudiantes que interactúan en el episodio.
<p style="text-align: center;">(Ep. 7: 0' – 3' 30")</p> <p>Estudiante: profe, aquí lo que no tengo claro es cómo puedo cambiar el aminoácido</p> <p>Profesor: tienes que fijarte que los aminoácidos que vayas a cambiar sean del mismo tipo. Es decir, que sean parecidos estructuralmente. Mira, todos estos aminoácidos son no polares (<i>refiriéndose a la diapositiva</i>). Por ejemplo, la Glicina es muy parecido a la Alanina. Si normalmente lo colocaste como Leucina, por ejemplo, Isoleucina es muy parecido. Esto, con el fin de que la proteína siga transcribiendo sus características, aunque sea un aminoácido diferente.</p> <p>Muchachos, para todos. Si en la mutación tenemos un aminoácido como el Triptófano, miren qué diferente es su radical en comparación con una Alanina o Glicina. Esto marca una gran diferencia en la estructura tridimensional de la proteína. Por ejemplo, si se da un polimorfismo en el que un aminoácido que cambia es Leucina por Isoleucina o Alanina por Glicina, la proteína será un poco diferente por este polimorfismo.</p>	<p>En el presente episodio el profesor tiene un papel protagónico. Sin embargo, su acción docente desde la estrategia de enseñanza que plantea regular los aprendizajes de los estudiantes, aclarando dudas conceptuales con el fin de fortalecer la construcción de conocimiento de los estudiantes que en la interacción entre profesor y estudiantes.</p>	<p>OEC→CCE CC→CCE CEE→CCE</p>	<p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contingente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta, con el fin de la comprobación del diagnóstico, así como su estrategia de intervención en el ámbito cognitivo.</p>
<p style="text-align: center;">(Ep. 8: 4' – ' 34' 15")</p> <p><i>En este episodio específico, el profesor revisa el problema que colocó con respecto a las mutaciones génicas.</i></p> <p>Profesor: habíamos hablado de los tipos de mutaciones dependiendo del cambio de nucleótidos. Habíamos hablado de mutaciones silenciosas, sin sentido, polimorfismos, inserción, delección. Entonces, vamos a revisar el problema que habíamos puesto. (<i>El profesor hace un recorderis de lo qué se debía hacer</i>). Entonces, por ejemplo, a Santiago le puse una mutación sinónima. ¿Qué es una mutación sinónima? ¿Leonardo lo recuerda?</p>	<p>El enriquecimiento o topogenético de los estudiantes partícipes en este episodio, permiten evidenciar un dominio conceptual desde lo disciplinar. De esta forma, se considera que son evidentes el</p>	<p>OEC→CC OEC→CEE OEC→CEV OEC→CCE OEC→CCtx CC→CCE CEV→CCE CEE→CEV CEE→CCE CCtx→CEE CCtx→CCE</p>	<p>En este episodio en particular, se evidencia que están en juego los tres elementos del andamiaje: Contingencia (C), Desvanecimiento (D), y Transferencia de Responsabilidad (TR). Esto, posibilita que el profesor movilice su discurso desde la enseñanza contingente que se</p>

<p>Estudiante 1 (Leonardo): a pesar de que cambia un nucleótido se codifica para el mismo aminoácido.</p> <p>Profesor: ¡correcto! entonces, esto es un cambio en el genotipo, pero no en el fenotipo. Entonces, eso quiere decir que no siempre los cambios que se generan en la transcripción se van a ver reflejados en el fenotipo. También, por ejemplo, si sucede en una región intrónica no tendría ningún efecto en el fenotipo.</p> <p>Entonces, empecemos con una sinónima. ¿Quién tenía la sinónima?</p> <p>Estudiante 2 (Santiago): yo.</p> <p>Profesor: entonces, resulta que Santiago tiene una secuencia génica. ¿Dónde está la mutación?</p> <p>Estudiante 2 (Santiago): en el ADN</p> <p>Profesor: ¿en qué base?</p> <p>Estudiante 2 (Santiago): en la sexta base</p> <p>Profesor: es decir, en la segunda secuencia que ha codificado en el segundo codón. ¿Sí me hago entender? Es decir, acá en el ADN no hay codones directamente, los codones son del ARN. Entonces, ¿cómo es ese triplete ahí en esa posición?</p> <p>Estudiante 2 (Santiago): G-T-T C-A-A</p> <p>Profesor: esa es la secuencia original y se hace todo el proceso. Entonces, te dio que eso codificaba para un aminoácido.</p> <p>Estudiante 2 (Santiago): Valina.</p> <p>Profesor: ahora, por un agente mutágeno o de manera espontánea, ¿cuál se cambió?</p> <p>Estudiante 2 (Santiago): el último nucleótido. Es decir, G-T-T C-A-A</p> <p>Profesor: y, ¿se cambió por quién?</p> <p>Estudiante 2 (Santiago): G-T-T C-A-T (este es el triplete que el estudiante cambió)</p> <p>Profesor: entonces, se cambió una Adenina por una Timina. ¿Cómo se llama eso?</p> <p>Estudiantes: transversión</p> <p>Profesor: ¡muy bien! Entonces, Santiago coloca en el tablero por fa, cómo era ese</p>	<p>desvanecimiento y la transferencia de responsabilidad como elementos desarrollados por el profesor como parte de sus estrategias de enseñanza y mecanismos evaluativos.</p> <p>En esta dirección el profesor permanentemente reta a los estudiantes siendo dinámico en el retiro y colocación del andamio que utiliza en su discurso basado en preguntas conceptuales que orientan el desarrollo de la clase.</p> <p>En este episodio se observa que el profesor usa elementos (<i>intenciones y medios</i>) de la enseñanza contingente como el cuestionamiento o a nivel <i>cognitivo</i> con el fin de identificar el rol activo del</p>		<p>observa que desarrolla, así como el constante desvanecimiento y transferencia de responsabilidad, al ceder el control del aprendizaje a sus estudiantes, haciéndolos partícipes activos, con el fin de que adquieran un rol autónomo y protagónico en su proceso de construcción de conocimiento.</p> <p>Contingencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuestionamiento 2. Diagnóstico 3. Estrategia de intervención <p>Como se evidencia la mayoría del episodio el profesor asume el rol para ejecutar la enseñanza contingente y la evaluación diagnóstica a partir de la pregunta, con el fin de la comprobación del diagnóstico, así como su estrategia de intervención en el ámbito cognitivo.</p> <p>Desvanecimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Respuestas de los estudiantes. El enriquecimiento topogenético es identificable,
---	--	--	---

<p>triplete originalmente en el ARN y cómo quedó después de la mutación. Estudiante 2 (Santiago): C-A-A → G-U-U (Triplete original) C-A-T → G-U-A (Triplete mutante)</p> <p>Profesor: entonces, al hacer la transcripción queda G-U-U. ¿Listo? Entonces, busquemos el codón. El normal era G-U-U, entonces, es Valina. Y cambió por G-U-A que es Valina, o sea, el mismo aminoácido. Por lo tanto, ¿qué sucede con el fenotipo?</p> <p>Estudiante 2 (Santiago): no se modifica. Es el mismo</p> <p>Profesor: ¡muy bien! Si yo les digo que el código genético se considera universal, eso ¿qué querrá decir?</p> <p>Estudiante 3: que los codones en los tripletes codifican para los mismos seres vivos: bacterias, humano, animales, etc.</p> <p>Profesor: ¡muy bien! una gran cantidad de porcentaje todos estos mismos organismos codifican para lo mismo. Esto es una prueba que apoya el proceso evolutivo. Con contadas excepciones principalmente en bacterias, varía uno que otro codón. Ahora hablemos del polimorfismo. ¿Quién lo tenía?</p> <p>Estudiante 4 (Daniela): Yo.</p> <p>Profesor: ¿cuál nucleótido? Es decir, la secuencia original</p> <p>Estudiante 4 (Daniela): el quinto triplete T-C-T A-G-A</p> <p>Profesor: o sea que para Daniela el nucleótido que cambió fue el segundo nucleótido del segundo codón. Es decir, la secuencia que va a generar el segundo codón. Entonces, cuando transcribe ¿cómo queda?</p> <p>Estudiante 4 (Daniela): U-C-U (Serina)</p> <p>Profesor: esa sería la proteína normalmente. ¿Qué pasó cuando sucedió la mutación?</p> <p>Estudiante 4 (Daniela): T-G-T A-C-A U-G-U</p> <p>Profesor: miremos en el código genético. U-G-U codifica para Cisteína. Ahí sí hubo un cambio en el aminoácido. Recordemos las que nos mostró Santiago no había cambio</p>	<p>estudiante, a partir de un cuestionamiento o que él mismo plantea. Se observa cómo el profesor busca constantemente enseñar contingente y transfiere la responsabilidad en términos conceptuales y disciplinares. Los elementos más significativos que se evidencian en el episodio relacionados con la evaluación diagnóstica, son la respuesta al diagnóstico (por parte de los estudiantes), así como la comprobación a este diagnóstico y las estrategias de intervención que el profesor ejecuta con el fin de aclarar las dudas que en el episodio manifiestan los estudiantes.</p> <p>Es relevante cómo el profesor reta a los estudiantes</p>		<p>sumándose los elementos discursivos que aparecen permanentemente.</p> <p>Transferencia de responsabilidad</p> <p>El profesor genera momentos en los cuales se transfiere la responsabilidad (retirando el andamio) y se identifique la autonomía de los estudiantes, observando cómo van siendo retados conceptualmente, y obteniendo las respuestas al diagnóstico en la interacción propuesta por el profesor. En alguna medida es posible evidenciar el enriquecimiento topogenético y los elementos discursivos por parte de los estudiantes que interactúan en el episodio.</p>
--	---	--	--

<p>de aminoácido. Por lo tanto, en el caso de Daniela la proteína puede ser diferente. Entonces, ¿qué pasa con ese aminoácido? ¿Cuándo buscaste qué viste entre la Serina y la Cisteína?</p> <p>Estudiante 4 (Daniela): que estructuralmente fueran similares.</p> <p>Profesor: entonces, la proteína no tendrá un gran impacto en su conformación y va a seguir haciendo su función, puede tener alguna variación, pero sigue siendo funcional. Así, el individuo puede vivir con ese cambio.</p> <p>Estudiante 3: por ejemplo, los que tienen piel grasa, piel seca, pelo liso, pelo rizado, etc.</p> <p>Profesor: exacto. Se debe tener en cuenta que si esa variación fuera muy importante para la supervivencia estaríamos hablando de otro asunto. Por lo tanto, muchos de esos polimorfismos pueden seguir pasando de generación en generación sin causar un efecto significativo. Eso en últimas es positivo porque hay variabilidad genética. Ahora hablemos de un tema mucho más grave. Miremos la <u>mutación sin sentido</u>. ¿Quién la tiene? Primero revisemos qué es una mutación sin sentido. Ana cuéntenos.</p> <p>Estudiante 5 (Ana): no me acuerdo.</p> <p>Estudiante 6: es una mutación letal si la proteína que se codifica es fundamental, lo que hace que se afecte el funcionamiento celular.</p> <p>Profesor: a veces dan muerte. ¿Ya Ana se acordó?</p> <p>Estudiante 5 (Ana): no me acuerdo Profe.</p> <p>Profesor: ¿Cómo que no? ¿Cuál es la sin sentido? entonces, si se cambia un nucleótido, ¿qué le pasa a la proteína?</p> <p>Estudiante 4 (Ana): se genera un codón de stop.</p> <p>Profesor: bueno, ahora sí. Miremos</p> <p>Estudiante 7: bueno yo la hice en un intrón. Yo leí que el intrón debe ser siempre iniciado por las valinas y con una secuencia repetitiva para que llegue a la guanina y lo saque.</p> <p>Profesor: y, ¿leíste quién reconoce el intrón?</p> <p>Estudiante 7: No.</p>	<p>de manera individual, así como grupal. De esta forma, los andamios que va colocando sirven para desarrollar la clase y diagnosticar, comprobar y ejecutar estrategias de intervención efectivas como parte de su estrategia de enseñanza fundamental en su acción docente, así como un mecanismo evaluativo a partir de la calidad de las preguntas que les plantea.</p>		
--	---	--	--

<p>Profesor: recuerden que al intrón lo parten y todos muy alegremente han dicho que lo parte, pero nadie ha dicho quién parte eso.</p> <p>Estudiante 4: Ahí se forma el splicesisoma</p> <p>Profesor: sí, pero ¿quién rompe esa región? Eso se llama ribonucleoproteínas.</p> <p>Estudiante 7: entonces, en la región del intrón yo tenía: G-T-C-T-C-T-C. C-A-G-A-G-A-G. (<i>cambió por la verde del asterisco</i>)</p> <p>Hice los intrones de siete bases. Ese sería el molde.</p> <p>Para el ARN del transcrito primario sería: G-U-C-U-C-U-C (<i>cambió por la verde del doble asterisco</i>)</p> <p>Entonces, lo que yo hice fue hacer una mutación cambiando en el molde la secuencia de reconocimiento por A-C-T-C-G-A-G.*</p> <p>Entonces, ahí cuando pasa al transcrito primario...</p> <p>Profesor: ¿cuántas mutaciones hiciste ahí?</p> <p>Estudiante 7: sólo una.</p> <p>Profesor: ¿cuál es?</p> <p>Estudiante 7: cambié la proteína (C-A-G-A-G-A-G) (<i>esta es la original</i>)</p> <p>Profesor: o sea que hiciste tres mutaciones puntuales</p> <p>Estudiante 7: si, porque sino, no me daba el ejercicio. Algo así como una radiación bien brutal. Entonces, ahora en el transcrito primario quedaría: U-G-A-G-C-U-C** entonces, eso se detecta no como un intrón sino como un stop y para la síntesis de la proteína y esa proteína perdería dos aminoácidos</p> <p>Profesor: ¡muy buen trabajo!</p>			
---	--	--	--

Anexo 5. Transcripciones entrevistas autoconfrontación

i. Entrevista de autoconfrontación Profesora Angela.

La profesora Angela en su entrevista de autoconfrontación (que se correlacionan con los episodios 1 a 9 registrados en la tabla 4) responde las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué es importante iniciar la sesión de clase preguntando por dudas o inquietudes?

Respuesta: Para mí es importante tener un punto de partida de los estudiantes, es decir, conocer qué conceptos les quedaron claros y cuáles no, para antes de comenzar el tema porque como tú sabes que en ingeniería tenemos que avanzar, avanzar y avanzar, entonces para mí es muy preocupante esa situación. Entonces, yo siempre quiero asegurar que los estudiantes hayan tenido una comprensión conceptual de la clase y de los temas pasados. Con esto lo que busco es que los estudiantes tengan un acercamiento de la apropiación del concepto.

Es importante además aclarar un par de inquietudes de algunos ejercicios o las temáticas anteriores para iniciar la clase y poder continuar con la temática siguiente.

2. ¿Cuál es el potencial de la pregunta en sus sesiones de clase? (Por ejemplo, acá en este episodio específico planteándoles el siguiente interrogante a los estudiantes: “¿Cómo hallo la razón?”)

Respuesta: Yo realizo las preguntas porque yo considero que el programa de álgebra y trigonometría tiene unos cortes muy abruptos, es decir, salta de un tema a otro y como que no permite esa continuidad y, el estudiante tiene que haber aprendido en una sola clase lo que se explicó y ya. Entonces cuál es el objetivo de las preguntas, es como hacer que el estudiante tome conciencia de ese proceso de aprendizaje. Es decir, es fundamentalmente eso. Es que el estudiante mire y por ejemplo cuando yo le digo cómo es la fórmula yo no le estoy diciendo que se aprenda la fórmula sino también aprendan a deducir esa estructura. Porque yo le digo entonces cuál es la fórmula y él me dice no me sé la fórmula no la puedo deducir de otra manera y muchas veces me ha ocurrido eso, que yo les hago una pregunta en un examen o en un quiz y ellos hacen otro mecanismo totalmente diferente, pero me dan cuenta que hay un aprendizaje aplicando sin necesidad de hacer lo mismo que yo expliqué. Entonces, el potencial para mí radica en verificar la apropiación del contenido que están teniendo los estudiantes, por eso me gusta tanto hacer preguntas, para saber si de verdad están entendiendo lo que se está trabajando en clase.

3. ¿Cuál es la importancia de revisar el trabajo de los estudiantes de manera individual cuando realizan un ejercicio en sus sesiones de clase?

Respuesta: Los estudiantes desde el colegio tienen ciertas dificultades con el lenguaje matemático, entonces si tú ves, las propiedades por lo general uno las hace con una variable que se le llama base en el caso de este ejercicio, y, ¿yo qué hago en el ejemplo? lo hago diferente, la base ya no es un término es una expresión algebraica. Entonces, ¿qué estoy

tratando de hacer? de mirar cuáles estudiantes aún tienen esas dificultades de la interpretación del lenguaje matemático. Entonces estoy verificando que sí hayan entendido dichas propiedades y los que no, darles una ayuda individualizada para ver si así sí comprende lo que se está trabajando. Igual no sé, pero la mayoría de los estudiantes se concentran en la actividad que estamos haciendo y eso facilita entender situaciones donde se presentan dificultades.

También es un acompañamiento que yo hago a los estudiantes cuando estoy revisando que ellos se sientan seguros. Porque cuando salen de clase hacer sus talleres ellos no tienen el apoyo del docente ni de alguien más que les esté validando esa información. Entonces yo trato por lo menos de abrirle el espacio en el aula con el fin de poder potenciar y que por lo menos resuelvan la mayoría de las dudas conceptuales que tengan.

4. ¿Cuál es el impacto de trabajar ejercicios en orden creciente de complejidad y cómo evidenciar el momento pertinente para hacerlo?

Respuesta: Los ejercicios yo los elijo, desde el más sencillo hasta el más complejo, pero en la misma dirección de lo que he estado hablando. Es decir, cuando el estudiante va adquiriendo los niveles puede ir avanzando en los niveles de complejidad de los ejercicios. Entonces, ¿cuál es el objetivo? empezar desde lo mínimo hasta llegar al nivel en el cual pueda tener más ejercicios complejos o que por lo menos el estudiante, primero tenga una base de los ejemplos y que tenga una herramienta adicional para estudiar en su casa. Trato de hacer ejercicios que no sean los del libro, que no sean los ejemplos o que no estén dentro de los propuestos para que él cuando se vaya a enfrentar a esos ejercicios pueda tomar como base digamos esos ejemplos que yo hice y pueda hacer un símil, entre el ejercicio que la profesora hizo en clase y el nuevo ejercicio que el estudiante tiene que hacer, *la cual es una de las estrategias para aprender matemáticas*. Es decir, esta última parte para aplicar lo trabajado en clase y fuera de ella.

Réplica del entrevistador a esta respuesta: ¿En qué momento te das cuenta de que lo puedes hacer o es pertinente que lo hagas o lo haces a medida que va transcurriendo la clase?

Respuesta a la réplica: Desafortunadamente debo hacerlo a medida que transcurre la clase, porque tengo demasiados estudiantes con niveles muy diferentes y tengo unos estudiantes muy buenos que a veces cuando les coloco esos ejercicios tan sencillos pierden importancia a la clase. Entonces, tengo que jugar con esos dos, los que van bajitos y los que van más avanzados. Otra de las cosas que trato de hacer, valga la aclaración, es que voy detectando digamos después de dos o tres semanas los estudiantes con mayor dificultad. También lo que hago es decirle alguno de los compañeros con más destrezas y habilidades para que le explicara a otro.

5. ¿Qué intencionalidad y/o relevancia tiene dar la responsabilidad a un estudiante para que explique a su(s) compañeros?

Respuesta: A veces nosotros como maestros utilizamos un lenguaje digamos más formal para los procesos de enseñanza. Entonces, tratamos de ser más rigurosos tratamos de ser más, es decir, como manejamos el conocimiento disciplinar tratamos de demostrar eso en el aula de clase. Cuando un compañero le explica a otro ese nivel se baja y los estudiantes tratan de explicar de una forma digamos más coloquial, de esa manera algunos estudiantes

entienden de una manera más fácil frases. Me gusta mucho. A ellos les da mucho temor pasar al tablero al principio, pero la idea es que yo les digo que yo los estoy apoyando. En algunas oportunidades ellos lo que hacen es pasar del cuaderno al tablero y yo les digo que esa no es la idea, vas a explicar qué fue lo que hiciste. Entonces, eso es básicamente lo que yo logro hacer con esos estudiantes, es tratar de que a partir de un par obtengan la explicación y obviamente siempre saco a una persona que haya hecho el ejercicio de una manera adecuada.

6. ¿Por qué adoptar la acción docente de sugerir los criterios que deben tener en cuenta a los estudiantes cuando van a resolver un ejercicio?

Respuesta: Esta parte de este tema tiene una estructura algorítmica. Básicamente lo que yo trato de hacer es aplicarles una manera y yo como docente interpretar y resolver los ejercicios que me facilita el camino, porque lamentablemente este tipo de ejercicios tiene como muchas vías para seguir y dependiendo del camino o la ruta que elijas va a ser más complicado o más sencillo. Digamos que, a partir de mi experiencia, a partir de lo que yo he recogido, a partir de lo que he construido conceptualmente, les doy como una secuencia de pasos, como una secuencia que ellos deberían seguir, más no los obligo a que la usen, porque eso sería como castrar el pensamiento, decir así usted lo tiene que hacer y así es. No, desde que llegue al resultado y con procedimientos correctos esta sería la manera. Por esa razón es que yo les doy una secuencia de pasos en forma de sugerencia que aún tienen algunas dificultades de saber por dónde empezar. Para darles como un camino, como un inicio, un principio como para que no estén tan perdidos

Réplica del entrevistador a esta respuesta: Entonces, ¿se puede decir que la usas como una estrategia enseñanza en algunas oportunidades?

Diana respuesta réplica: sí. Digamos que se podría catalogar como una mini secuencia de aprendizaje, es decir, el momento de análisis de interpretación de conclusiones. Entonces, básicamente yo trato de darle esa ruta al estudiante principalmente dirigida a aquellos que se les dificulta el aprendizaje.

7. ¿Cuál es la intencionalidad de que los estudiantes en clase salgan al tablero a resolver ejercicios?

Ya se respondió con anterioridad (Respuesta a la pregunta 5).

8. ¿Cuál es la importancia de corregir errores conceptuales en el transcurso de la clase específicamente en la realización de un ejercicio?

Respuesta: Los estudiantes, lamentablemente este es un curso de álgebra, pero yo tengo que partir de un supuesto: ellos ya manejan un conjunto de temas anteriormente. Entonces, ¿qué ocurre? estudiantes que tienen las dificultades en un curso de álgebra de hacer una suma de fraccionarios, por ejemplo. Entonces cuando yo noto esas dificultades yo no puedo continuar la clase (pues yo sí podría) pero como que a mí la decencia docente me dice tienes que parar y volver a explicar. Entonces yo no sé si esto es un compromiso ético, un compromiso moral pero me gusta que los estudiantes por lo menos anden con las bases mínimas y que hagan uso de un lenguaje y de una apropiación conceptual de los temas tratados. Entonces, cuando veo esas falencias y esos vacíos conceptuales me cuestiono y digo: bueno a veces son de temas anteriores, digamos no hubo la comprensión total del

tema que yo quería, entonces lo que hago es volver explicar, con el fin de poder encaminar el aprendizaje de los estudiantes y que tengan un mejor dominio del tema.

9. ¿Cuál es la relevancia de dar un espacio de clase para la revisión y solución de ejercicios?

Respuesta: Todo va encaminado en el mismo diseño de la clase. Para mí es fundamental darles esa retroalimentación a los estudiantes, asistir a la asesoría, no van a las monitorias no hacen otras preguntas. Entonces, es ahí cuando quedan con esos vacíos conceptuales. Casualmente los estudiantes que van a las asesorías son los que mejores resultados tienen y es porque de una u otra manera uno puede hacer ese acompañamiento un poco más personalizado de las dudas que tienen. Entonces, como yo sé que todos los estudiantes no asisten a ese espacio, entonces trato de abrirlo en clase, poder de una u otra manera ayudarlos en esas dificultades que presentan, en esos vacíos conceptuales y así poder mejorar resultados.

Esta materia álgebra y trigonometría tiene mucha mortandad y se les dificulta mucho a los estudiantes inclusive más que cálculo.

Réplica del entrevistador a esta respuesta: ¿Por qué crees que pasa esto último?

Respuesta: Principalmente por las bases conceptuales. Por ejemplo, un curso de cálculo por lo general tiene un conjunto de teoremas. El profesor se encarga de abordar estos conceptos para los estudiantes. ¿Qué pasa?, cometen errores básicos, errores que en álgebra estamos trabajando.

10. ¿Por qué plantear un ejercicio con el fin de evidenciar un resultado en el sentido de la siguiente expresión “vamos a ver si sí me entendieron”?

Respuesta: Es una validación. Yo necesito saber si lo que yo estoy haciendo como docente me estoy haciendo entender. Para mí la mejor manera de validar es que el estudiante tenga la capacidad de a través de un ejercicio muy similar responder a la misma estructura. Entonces, cuando un estudiante no tiene esa capacidad a mí me generan dos cuestiones: Una es, no le quedó claro el procedimiento a partir de las propiedades que expliqué para comprender el concepto, o dos, el estudiante tiene vacíos que no le permiten entender totalmente el tema. Entonces, ahí es donde yo suelo pasar por cada uno de los puestos y me aseguro tratando de darle esa comprensión y si no tomar otro camino u otra vía, ponerle a un compañero que le colabore, por ejemplo. Todo esto va en la misma ruta de la planeación de la clase.

11. ¿Qué papel juegan las asesorías como parte de su acción docente?

Respuesta: Es un trabajo más individualizado dónde puedo detectar de una mejor manera cuáles son las falencias de los estudiantes. Entonces, la idea es que los estudiantes lleguen con preguntas, generen inquietudes o que vayan a que yo les vuelva explicar un tema es fundamental, porque ahí es donde yo me estoy dando cuenta si de verdad hay una comprensión del tema. Entonces, en la clase que estamos, el ambiente comparando con esta pregunta este par de estudiantes siempre llevaban ejercicios que no podían solucionar hasta

cierto punto y ellas lo que necesitaban era que se les validará esa información y proporcionar una guía de cuál era el camino que debían seguir. Además de esto se pueden abordar aplicaciones teniendo en cuenta otro tipo de ejercicios.

ii. Entrevista de autoconfrontación Profesor Sergio

El profesor Sergio en su entrevista de autoconfrontación (que se correlacionan con los episodios 1 a 14 registrados en la tabla 5) responde las siguientes preguntas:

1. ¿Qué relevancia adquiere en la clase transferir la responsabilidad al estudiante para que nombre una sustancia química?

Respuesta: nombrar las sustancias es muy importante para un profesor de ciencias naturales y ya para el nivel que tienen que están en sistemas químicos 3 y en adquirir una destreza bastante amplia en sistemas químicos. Entonces, la idea es que no se olviden esos conceptos, porque eso ya se vio, ellos ya lo vieron en sistemas químicos 1 y 2. De esta manera, los nombres de estas sustancias los van a usar en su vida profesional. Entonces, para mí estar reforzando esa parte es fundamental para la formación como docentes de ciencias naturales.

2. ¿Cuál es el papel que juega el estudiante cuando es participe en clase?

Respuesta: por la experiencia que tengo cuando uno de docente solamente se dedica a dar la clase, haciendo una clase magistral y simplemente evaluar, las clases se vuelven muy aburridas. Entonces he preferido tener esa interacción con los estudiantes y preguntar mucho. En realidad me caracterizo por hacer muchas preguntas en clase. Además, esta interacción permite que los estudiantes no se me pierdan para que no se me distraigan y aparte de eso para mantenerlos conectados para que él vaya perdiendo el miedo a hablar en público. Siempre lo hago con esa intención. La idea mía tampoco es corchar a los estudiantes. La idea es que si un estudiante no sabe yo le traslado la pregunta a otro y así nos vamos rotando las preguntas. Entonces, últimamente, he intensificado las preguntas en clase hace aproximadamente 3 o 4 años y creo que he tenido una buena respuesta de los estudiantes. De esta forma, los estudiantes están activos en clase y en las explicaciones.

3. ¿Cuál es el papel que juega la pregunta en clase?

La siguiente respuesta es un complemento ya que en la pregunta número 2, se aborda parcialmente la respuesta a la pregunta número 3.

Respuesta: en este sentido yo estoy incentivando al estudiante a que cada vez que venga a clase me estudie. Entonces, él viene mejor preparado. Él dice: “el profesor pregunta entonces debo ir preparado a la clase”. En segundo lugar, la parte de comunicación entre estudiantes y el docente es primordial. Hacer preguntas para mí es clave en la formación de un profesor en ciencias naturales.

4. ¿Qué importancia tiene la aclaración de conceptos cuando el estudiante se equivoca en clase?

Respuesta: casi siempre cuando inicié un tema nuevo lo abarco en gran parte de la clase para dar fundamentos a los estudiantes. Muchas veces algunos estudiantes no comprenden mientras otros comprenden los conceptos vistos en clase. Entonces me gusta usar el trabajo entre pares para que estos últimos me ayuden a transmitir la idea a sus compañeros. Porque muchas veces puede ser que los estudiantes no le entienden al profesor, mientras que a sus compañeros es posible que le puedan entender.

5. ¿Por qué adoptar esta acción docente en este episodio al hacer la siguiente afirmación: “es que yo lo tengo que saber”?

Respuesta: Cómo he sido profesor de sistemas químicos 1 y sistemas químicos 2, conozco los programas muy bien. A veces el estudiante sólo estudia para un examen. Entonces, la idea es en la química se necesitan los conocimientos de todos los semestres que se han trabajado. Entonces, por ejemplo el estado de oxidación, por ejemplo se necesitan las propiedades de los elementos en la tabla periódica, por eso es mejor hacer esos "recorderis". Por eso el estudiante debe reconocer las sustancias químicas así como sus nombres.

6. ¿Cuál es el papel que juega transferir la responsabilidad al estudiante para explicar un concepto y a su vez estar de acuerdo o no con sus compañeros?

Respuesta: esta transferencia de responsabilidad la utilizo bastante para que los estudiantes compartan sus conocimientos unos con otros como lo dije en una pregunta anterior. Así es importante indagando entre los compañeros con el fin de que ellos participen en la clase, ya sea aportando información que se está viendo en clase o si algún estudiante maneja el tema con aportes directamente a la clase. Esta forma es de vital importancia para la formación como profesores en ciencias naturales. Creo que la participación de los profesores en formación, así como estar abiertos al diálogo entre compañeros, para mí es demasiado importante.

7. ¿Cuál es el propósito de discutir en clase un ejercicio de mayor grado de dificultad como por ejemplo el complejo $(\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+})$ el cual aparece en este episodio?

Respuesta: los estudiantes siempre esperan tener los mismos ejemplos y ejercicios. Entonces, cuando uno les cambia las sustancias como en este caso un complejo como el $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ se presentan confusiones que vale la pena discutir y aclarar en clase. Así, se lleva este ejemplo a clase para generar un conflicto conceptual y de esta manera que los estudiantes establezcan relaciones conceptuales sobre la teoría de ácidos y bases de Bronsted-Lowry.

8. ¿Cuál es la intencionalidad al hacer las siguientes preguntas a los estudiantes?: “¿Quién quiere aportar? ¿Qué puede aportar con respecto a la fuerza de los ácidos y las bases? ¿Qué puedes decir desde lo que entendiste? ¿Si yo tengo una base débil cómo es su ácido conjugado? ¿Si yo tengo un ácido conjugado débil, cómo es su base?”

Respuesta:

a) como lo he dicho con anterioridad, la interacción es fundamental en clase entre compañeros y con el profesor. En esta dirección, si el estudiante habla el mismo lenguaje quiere decir que vamos por buen camino. Esto quiere decir que me están entendiendo. Entonces, cuando empiezo a preguntar y los estudiantes no quieren aportar, identifico que en algo estamos fallando. Esto me quiere decir que hay que profundizar más.

b) se refiere más a la parte de la discusión presentada en clase para aclarar cada una de las relaciones que se dan entre el par conjugado ácido - base desde lo visto en clase a partir de la teoría de Bronsted-Lowry.

c) los estudiantes son partícipes activos en clase y también pueden hacer preguntas en cualquier momento. Aquí estamos revisando el concepto de ácido - base de Bronsted-Lowry. Nos podemos dar cuenta que al estudiante en este episodio le da algo de temor pasar al tablero y lo que se busca es que ellos le vayan perdiendo ese temor, porque sabemos que ellos serán docentes. Entonces, están trabajando con sus compañeros y la idea de pasar al tablero me parece genial. De verdad que un estudiante necesita tablero y ellos escogieron esta profesión, así que lo van a necesitar y la otra es aprender a dominar el público. Hacer preguntas, matematizar conceptos, presentar ecuaciones, mostrar los conceptos de ácidos y bases de Bronsted-lowry con sus constantes de equilibrio, es fundamental en sistemas químicos para su formación.

9. ¿Por qué adoptar la acción docente de replantear la explicación al observar el silencio de los estudiantes cuando se plantea el siguiente interrogante en clase: “¿Cómo hacemos para disminuir el número de partículas?”

Respuesta: yo explico un ejemplo en fase gaseosa para el principio de Le Chatelier. Observo que hay una generalidad de dudas ya que la temática de gases ideales se ve en el siguiente semestre. Y la ecuación que uso es la de los gases ideales: $PV = nRT$. Por lo tanto, vuelvo a explicar pero ahora el sistema en solución acuosa como lo veníamos trabajando en clases anteriores.

Nosotros como profesores siempre tenemos que estar atentos al cambio de los estudiantes. Si por ejemplo se observa que ellos no están atentos o motivados, entonces debemos cambiar nuestras estrategias, cambiar de ejercicio, estableciendo un cambio y explicarlo de otra manera.

10. ¿Qué potencialidad tiene en la sesión de clase la interacción con los estudiantes en la discusión conceptual desde lo cualitativo y declarativo?

Está relacionada con la respuesta anterior.

11. ¿Cuál es el objetivo de brindar un espacio tipo taller en clase?

Respuesta: en materias como física, química, matemáticas, la parte de la aplicación tiene que ser muy importante. Entonces lo que se pretende con los talleres es una aclaración y siempre los estoy reestructurando. Entonces trato de cambiar los ejercicios en su gran mayoría semestre a semestre. Evidenciado que este espacio el taller es de mucha importancia cuando los estudiantes comprenden la teoría y llega al momento de realizar ejercicios de aplicación. Muchas veces los muchachos pueden tener la teoría clara y uno les pregunta a los muchachos y ellos pueden responder bien, pero uno coloca un ejercicio y los muchachos en real la mayoría de los ejercicios de química analítica tiene una especial tendencia a enredarlos. En clases yo trabajo sencillos y ejercicios de mayor complejidad y lo que me he dado cuenta en el taller aparecen ejercicios sencillos que el estudiante a veces no puede resolver. Entonces tener un espacio en clase donde ellos puedan hacer los ejercicios es muy importante. Yo no los hago, los hacen ellos en grupo y de manera individual ayudándose entre pares. Por lo general, los ejercicios se dan iniciando tema, lo que permite que a medida que vayamos desarrollando las clases se puedan ir trabajando algunos de estos ejercicios por inquietudes de los mismos estudiantes. Algo particular que sucede en mis clases es que cuando veo a los muchachos que necesitan más tiempo para realizar los ejercicios, entonces lo que les propongo es hacer un taller extra clase, donde asisten alrededor de 80% los estudiantes que siguen presentando dificultades. Me he dado cuenta que los profesores en formación son estudiantes que les gusta trabajar. Por lo que me motiva más a seguir trabajando este tipo de estrategia.

12. ¿Se asume que los estudiantes ya poseen las herramientas conceptuales y metodológicas para este momento de la clase? Si la respuesta es afirmativa, ¿de qué manera como profesor se da cuenta de esto?

Respuesta: la constante interacción con los estudiantes me permite establecer dónde hay dificultades y fortalezas. Por este motivo, extiendo las clases y profundizo más en teoría. Posteriormente viene parte de ejercicios y entonces, yo voy haciendo los ejercicios y voy preguntando. No hay ejercicio que por lo menos no haga 5 preguntas. Luego, sigue la parte del taller y con mi ayuda, o con la de otro compañero, cuando hay inconvenientes las vamos solucionando. Entonces, esa retroalimentación es fundamental. Es importante decir que si yo me doy cuenta que en el taller los muchachos aún tienen dificultades aplazo el parcial porque mi idea es que los estudiantes aprendan. Con esto trato de que todos los muchachos estén nivelados.

13. ¿Por qué es importante orientar a la estudiante de este episodio?

Respuesta: en realidad trato de identificar cuáles estudiantes presentan algún tipo de deficiencias y malos hábitos de estudio. Entonces, esta estudiante, en particular, había notado que tenía algún tipo de dificultad. Entonces, cada vez que se presentaba la oportunidad de reforzar la explicación de conceptos y solución de problemas como se observa en este episodio.

iii. Entrevista de autoconfrontación Profesor Fernando

El profesor Fernando en su entrevista de autoconfrontación (que se correlacionan con los episodios 1 a 8 registrados en la tabla 6) responde las siguientes preguntas:

Entrevista de autoconfrontación del profesor Juan Estrada.

1. ¿Cuál es la intención de la actividad de diagnóstico que se observa en este episodio?

Respuesta: En esta actividad diagnóstico básicamente lo que busco es establecer un nivel base a partir del cual voy a poder empezar la presentación de los conceptos y darme cuenta de algún tipo de falencia y qué tipos de conceptos acertados tienen los estudiantes sobre un elemento clave de la evolución, que es la variación génica. Estos conceptos en teoría se supone que ya los deben manejar porque han visto el curso de genética. Sin embargo, para mí es fundamental en estas primeras actividades darme cuenta si todavía recuerdan los conceptos, los recuerdan y los entienden. Por esta razón, siempre empiezo con este tipo de actividad. También, puede decirse que tiene un componente evaluativo, que es una evaluación transversal a lo largo del semestre. De igual manera, es una retroalimentación, que permiten orientar futuras acciones para llevar a cabo en clase.

2. (a) ¿Cómo la pregunta a los estudiantes sirve para movilizar el discurso del profesor en la clase? (b) ¿Cuál es la relevancia de la interacción profesor-estudiante?

(a) Respuesta: para mí esta interacción es de alta importancia porque yo concibo ese acto educativo como una comunicación, como un acto donde debe haber un emisor un receptor y una respuesta. Yo tengo de alguna manera enterarme, lo que piensa el estudiante acerca del concepto, cómo lo está comprendiendo, qué dificultades tiene para llegar a hablar en algún momento el mismo idioma, tratar de percibir en él cuáles son sus expectativas en el curso hacia un dominio conceptual. También, si tiene preguntas nuevas que surgen en esta nueva presentación del concepto "recorderis" de algún concepto que no recuerda. Entonces creo que es sumamente importante esa interacción profesor estudiante, porque eso me moviliza como docente, me hace retomar algunas prácticas antiguas o descartar algunas que tenía en consideración hacer, de acuerdo al resultado de esta interacción.

(b) Respuesta: la pregunta se utiliza mucho como detonante de futuras preguntas o me permite percibir en sus respuestas algunos vacíos que tengan o conceptos que tienen acertados. En la pregunta y la respuesta y tal vez una contra pregunta para mí es fundamental con el fin de mejorar esa interacción profesor estudiante que de alguna manera ellos también tengan la oportunidad de preguntarse y preguntarme con el fin de bajar la tensión que se genera ante una pregunta del profesor, que no perciban este tipo de pregunta como una indagación, que como decimos popularmente busca corchar al estudiante, sino que se sientan cómodos, digamos al generar preguntas de parte de ellos, responder las preguntas que hace el profesor con la intención directa de poder percibir si el concepto está claro, los preconceptos están bien. Por lo tanto, este tipo de actividad no se le asigna directamente una nota de 0 a 5 si no me respondió la pregunta si no es más una conversación.

3. ¿Cuál es el propósito de plantear una actividad de alteraciones génicas hipotéticas de manera individual?

Respuesta: A nivel conceptual en el curso que oriento, que es evolución, es fundamental entender la variación génica como lo que nutre la evolución. Entonces, dada la importancia que tiene comprender este concepto, es que se hace tanto énfasis en las primeras clases para retomar elementos que se vieron en el curso de genética que tal vez quedaron flojos o que por alguna razón no alcanzaron a ver. Entonces, directamente se hace esa charla general pero luego les presento una actividad en la que a manera individual ellos deben resolver algo como un tipo de problema con respecto al tema y poder de esta forma individualizar con el fin de detectar cuál de los estudiantes tiene algún tipo de dificultad y así presentar algún tipo de estrategia para que se resuelva esa situación, caiga en cuenta de cuál es su fallo y tal vez ese fallo se puede ejemplificar a nivel grupal para que quede claro en la mayoría. No tratar de generalizar un momento para individualizar algunos casos en los que se necesite hacer un poco más de esfuerzo.

4. ¿Qué lo llevo a hacer un “recorderis” en este momento?

Respuesta: este recorderis como actividad responde a las dinámicas generales de las prácticas de la universidad. Tal vez muchas veces por los tiempos muchos de los cursos tal vez por cumplir con la totalidad del programa aceleran y dan unos contenidos de una manera muy rápida en el que no se profundiza mucho el concepto. Por esta razón, siempre considero importante hacer ese tipo de "recorderis" y que para muchos es el espacio donde realmente van a llegar a comprender qué fue lo que sucedió. Es importante aclarar que este recorderis se puede hacer una dos o tres veces, o incluso durante todo el semestre de manera transversal cuando sea necesario, ya que hay elementos claves que uno como docente supone que en los contenidos anteriores ya se vieron. Esta suposición a veces no viene al lugar, así que se toma tiempo para hacer el recorderis donde hay elementos fundamentales dentro de los contenidos que uno tiene que rescatar. Entonces allí siempre saco un ratito para hacer el recorderis con los elementos claves y remarcarlos, esa es la intención.

5. ¿Cuál es el objetivo de plantear la siguiente pregunta: *¿Qué pasa si la mutación está en una región intrónica?*

Respuesta: esta pregunta es posterior a la explicación de los conceptos de expresión génica, intron y exon. Digamos que este tipo de preguntas de alguna manera les moviliza un poco con el fin de responder de manera correcta cuál es el papel que juegan estos conceptos en la expresión del gen. Entonces, si ellos sólo se aprendieron la definición de memoria estarán un poco confundidos al momento de responder la pregunta. Lo que busco entonces con este tipo de preguntas, más que el dominio del concepto, es cuáles serían las implicaciones frente a un problema en la expresión del gen como tal, no solamente que sepan la definición sino que ante una situación problema, como por ejemplo, una mutación en un intron, qué repercusiones tiene en el fenotipo del individuo.

6. ¿Por qué se toma la decisión de realizar la aclaración respecto a los aminoácidos?

Respuesta: a nivel conceptual para los estudiantes es fundamental comprender los conceptos de fenotipo, mutación y genotipo, que conozcan la naturaleza de los aminoácidos, que son aquellas sustancias que componen las proteínas que son realmente la parte estructural y funcional de los seres vivos. De esta manera, al compartir el código genético muchos tripletes sinónimo, es decir varios tripletes del ADN codifican el mismo aminoácido. Entonces, las mutaciones que se generen posiblemente, es decir, cambios en el genotipo, no variarán el fenotipo del individuo. Entonces, el que ellos dimensionen y reconozcan los diferentes tipos de aminoácidos les va permitir de alguna manera percibir el impacto que tendrá una mutación en un gen con respecto al fenotipo; si hay algunas mutaciones que tienen o no repercusiones, si pueden ser letales o no, si pueden generar la manifestación de una enfermedad de acuerdo a la estructura; porque un sólo cambio en un nucleótido no necesariamente es un cambio de aminoácido, puede tener un cambio en la variación génica, pero no hay un cambio en el aminoácido. Y si los aminoácidos son parecidos en su radical serán funcionales pero no idénticos, pero tendrán una función similar. Entonces, en esencia, la importancia es que no sólo conecten el gen, el concepto de gen y variación génica, sino la importancia que tiene esto a nivel de bioquímica en el concepto de proteína como tal. Es decir, no ver el gen como un concepto aislado.

7. ¿Por qué se toma la posición de explicar de nuevo la actividad y cuál es su finalidad?

Respuesta: Generalmente para mí no sobra hacer aclaraciones al respecto de las actividades. Por eso previo a la actividad volver a explicarlo, si se han olvidado algunas cosas tanto volver a retomar por si en algún momento alguien tiene alguna dificultad o alguna inquietud sobre cómo era la actividad. Esto con el fin de que el estudiante pueda desarrollar la actividad de una forma adecuada.

8. ¿Cuál es el potencial de una actividad de este tipo donde al estudiante se le transfiere la responsabilidad?

Respuesta: La idea es que me gusta mucho en mi práctica que ellos mismos de alguna manera a medida que se vaya desarrollando la actividad caigan en cuenta en qué se equivocaron. Me gusta que a partir de proporcionarle ciertos elementos, ellos mismos reconozcan lo que han elaborado está bien o no. Mi intención aquí es dar elementos, pero ellos son partícipes activos en la creación del concepto. El espacio del aula es precisamente eso, que los estudiantes tengan un espacio en la construcción orientado por el docente que en este caso soy yo, que lo único que tengo de diferente es que tengo un poco más de experiencia sobre un concepto. Es importante en estos espacios que los estudiantes no sólo aprenden del profesor sino de sus propios compañeros o de sus pares, y esa responsabilidad de asumir el riesgo sin necesidad de pensar en que voy a tener una nota mala, porque los estudiantes se cohiben cuando están pensando en la nota y cuando no es así, ellos pueden crear sus propios conceptos.

Finalmente el profesor Fernando hace una síntesis del proceso:

Desde el punto de vista de la experiencia, es muy gratificante para mí ser partícipe de este tipo de actividades en las que me permiten reflexionar sobre mi práctica docente, enriquecerme desde otro punto de vista como soy percibido, porque generalmente podemos caer en la tentación de considerar que todo lo que hacemos lo hacemos bien. Entonces, esto es una oportunidad para reafirmar de colegas y de especialistas en el tema de qué estamos haciendo bien con el fin de ver qué se podría mejorar entendiendo que no hay una receta para hacer el mejor profesor entendiendo que todos los contextos son muy diferentes, pero este tipo de actividades enriquece mucho la visión que tenemos del acto educativo.

Anexo 6. Instrumento concepciones enseñanza, aprendizaje y evaluación

Cuestionario de Enseñanza, Aprendizaje y Evaluación

El siguiente cuestionario tiene como propósito indagar sobre las concepciones de enseñanza, aprendizaje y evaluación del profesor universitario que orienta cursos de ciencias básicas, señalando su grado de acuerdo o desacuerdo para cada una de las siguientes aseveraciones.

	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Indeciso	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
1. Es necesario adaptar la planificación de la enseñanza a los niveles de desarrollo del aprendizaje de los estudiantes. (ENS - C)					
2. Una parte importante de la formación es aprender a trabajar con otros. (APR - C)					
3. La supervisión del aprendizaje de los estudiantes es importante porque permite ajustar la enseñanza. (EVA - C)					
4. Los estudiantes aprenden más trabajando individualmente que en grupo. (APR - C)					
5. Los intereses y suposiciones sobre cómo aprenden los estudiantes, tendrían que ser un criterio para planear y adaptar el curso. (ENS - C)					
6. La evaluación le informa al profesor qué tipo de ayudas necesita el estudiante, aunque no haya tiempo para tenerlas en cuenta. (EVA - C)					
7. A los estudiantes se les deberían dar oportunidades de participar activamente en la planificación y en el desarrollo de la clase. (APR - C)					

8. Es importante trabajar con diferentes metodologías para llegar a todos los estudiantes, aunque eso suponga no poder abordar todos los contenidos. (ENS - C)					
9. Hay metodologías que informan sobre el estado del aprendizaje de los estudiantes. La dificultad radica en vincular esa información a los contenidos de los programas establecidos por la Facultad. (EVA - C)					
10. Mucho de lo que los estudiantes aprenden, lo aprenden por sí mismos. (APR - TR)					
11. El profesor debe presentar los objetivos específicos a lograr por los estudiantes, con miras a mejorar sus resultados en la evaluación. (EVA - C)					
12. Las respuestas a las preguntas de los estudiantes determinan el dominio que el profesor tiene sobre la materia. (ENS - C)					
13. Un estudiante puede reconocer las discrepancias entre sus respuestas y las esperadas, pero solo si le interesa. (APR - D)					
14. La autoevaluación es una fuente de evaluación del estudiante que resulta muy subjetiva y no es fiable para indicar qué tanto ha aprendido. (EVA - TR)					
15. Los estudiantes necesitan aprender a usar los conocimientos en diferentes situaciones problema, pero en clase no hay posibilidades					

de hacerlo. (ENS – TR)					
16. La adaptación de la enseñanza a la diversidad de niveles de comprensión, contribuye a generar actitudes más favorables hacia las ciencias. (ENS – C)					
17. El criterio para definir si el estudiante necesita apoyo del profesor, es su nivel de comprensión en los resultados de las pruebas. (ENS – D)					
18. La evaluación permite cuestionar las ideas y se basa en conocer los cambios en la concepción y comprensión de los conceptos. (EVA – C)					
19. Los estudiantes deberían ser conscientes de su manera de trabajar en forma individual y en grupo, y en cómo mejorarlo. Esto lo pueden hacer solos. (APR – TR)					
20. El compromiso por aprender es una condición inicial para un estudiante porque no hay tiempo de enseñarle a comportarse con autonomía. (EVA – TR)					
21. El trabajo en equipo es una característica importante de la formación profesional, pero no hay que enseñarles a hacerlo porque lo aprenden intuitivamente a medida que se les organiza en grupos para hacer ciertas actividades. (ENS – TR)					
22. A lo largo del semestre se comprueba lo que los estudiantes aprenden y a partir de allí se ajustan los contenidos. (EVA – C)					

23. Una forma de conseguir la motivación de los estudiantes es que vean la “utilidad práctica” de lo que aprenden. (ENS – C)					
24. Un estudiante aprende más efectivamente bajo condiciones en las que entra en competición. (APR – C)					
25. En clase tendría que conversarse sobre las dificultades que supone aprender la materia, pero esto no está establecido en el programa. (EVA – C)					
26. No todas las materias se prestan para que los estudiantes generen sus propias ideas y tomen sus propios apuntes, en lugar de copiar los del profesor. (ENS – TR)					
27. La planificación de la enseñanza debe incluir distintas actividades que progresivamente ayuden al estudiante a aprender. (ENS – C)					
28. Las ideas de otros estudiantes son útiles para ayudar a comprender el contenido de las lecciones. (APR – C)					
29. Los estudiantes necesitan objetivos y criterios de evaluación claramente definidos (EVA – C)					
30. El profesor debería revisar su método de enseñanza si no logra que sus estudiantes sean autónomos. (ENS – C)					
31. Un estudiante debería estudiar lo que el profesor dice que es importante y no necesariamente lo que es					

importante para este estudiante. (APR – C)					
32. Los estudiantes deben ser evaluados positivamente si hay una evolución favorable de sus propias ideas, aunque no alcancen un nivel deseable. (EVA – C)					
33. En la Universidad no es posible hacer un seguimiento diario e individual de cada estudiante. (EVA – C)					
34. Más allá de enseñar contenidos, es necesario enseñar cómo se relacionan unos con otros, de acuerdo con la autonomía que van ganando los estudiantes. (ENS – C)					
35. El aprendizaje se logra más efectivamente en condiciones de trabajo independiente. (APR – C)					
36. Las pruebas de evaluación masivas semestrales son mejores que las preparadas individualmente por cada profesor. (EVA – C)					
37. Uno de los objetivos más importantes de la evaluación es conseguir que el estudiante sea consciente de sus dificultades. (EVA – C)					
38. Hay que usar métodos de enseñanza que maximicen la interacción entre profesor y estudiante. (ENS – C)					
39. A todos los estudiantes se les debe exigir igual sin atender a sus características individuales. (EVA – C)					
40. Un profesor debería					

estimular a los estudiantes a estar en desacuerdo con él o a desafiarle en clase. (ENS – C)					
41. La educación debería ayudar al estudiante a llegar a ser un pensador independiente. (APR – TR)					
42. Hay que usar métodos y procedimientos de enseñanza que maximicen la independencia del estudiante para aprender de sus propias experiencias. (ENS – TR)					
43. El aprendizaje se logra más efectivamente cuando los estudiantes trabajan cooperativamente con otros, pero el tiempo no alcanza porque es más importante cubrir todos los contenidos del curso. (APR – TR)					
44. Cuando un estudiante experimenta una evolución favorable de sus propias explicaciones, hay que valorarlo positivamente, aunque no haya alcanzado el nivel esperado. (EVA – C)					
45. El objetivo principal de la evaluación es comprobar si se ha alcanzado el nivel de conocimientos previsto para el tema. (EVA – C)					
46. Un número significativo de las actividades que se hacen en el aula debería comprobar si las explicaciones iniciales de los estudiantes cambian. (EVA – C)					

ENS: Enseñanza; APR: Aprendizaje; EVA: Evaluación. C: Contingencia; D: Desvanecimiento; TR: Transferencia de responsabilidad

Anexo 7. Certificaciones de eventos académicos, publicaciones, proyectos/otros.

i. Proyecto de Permanencia con Equidad de la Vicerrectoría de Investigación

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Convocatoria Permanencia con Equidad - 2016

Temática: Iniciativas institucionales para la permanencia

Línea: d. Formación docente

Informe final del proyecto de investigación:

Procesos de construcción de andamiaje para estudiantes, como base de una transformación reflexiva de la práctica docente universitaria

Equipo Investigador: Prof. Fanny Angulo Delgado (Investigadora Principal), Prof. Carlos Arturo Soto Lombana (Co-investigador), Wilson Javier Parra Angarita (Estudiante de Doctorado) y Johana Morales Vallejo (Estudiante de Pregrado).

ii. **Escuela Internacional de Verano – Conectando A Los Mejores Para La Educación**



**LA FUNDACIÓN CENTRO DE ESTUDIOS
INTERDISCIPLINARIOS BÁSICOS Y
APLICADOS**
certifica que:

Wilson Javier Parra Angarita

C.C. 80800149

Aprobó satisfactoriamente los requerimientos académicos desarrollados entre julio y septiembre de 2016 en el marco de :

La segunda Escuela Internacional de Verano
“Conectando a los mejores para la Educación”

**ESCUELA INTERNACIONAL
DE VERANO**
CONECTANDO A LOS MEJORES PARA
• LA EDUCACIÓN •


Paulo Orozco
Director General
Fundación Ceiba

 **ceiba**
FUNDACIÓN

iii. **V Congreso Nacional de Investigación en Educación en Ciencias y Tecnología**



iv. **Certificado Congreso Sevilla**



CERTIFICADO DE PRESENTACIÓN DE COMUNICACIÓN

El Comité Ejecutivo del X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias,
certifica que la comunicación:

**Patrones de Enseñanza Contingente en la Interacción Profesor-Estudiante en una Clase
de Química en Educación Superior. Wilson Javier Parra Angarita, Adriana Maria Soto
Zuluaga, Fanny Angulo Delgado, Carlos Arturo Soto Lombana.**

ha sido presentada en X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias.
Sevilla, 5-8 de septiembre de 2017



ENSEÑANZA DE LAS
CIENCIAS







Ana M^a Rivero García



M. Rut Jiménez Liso

Directoras del Congreso

v. **Publicación en la Revista de Investigación en Didáctica de las Ciencias -
Enseñanza de las Ciencias**

X CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN
EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

SEVILLA
5-8 de septiembre de 2017

PATRONES DE ENSEÑANZA CONTINGENTE EN LA INTERACCIÓN PROFESOR-ESTUDIANTE EN UNA CLASE DE QUÍMICA EN EDUCACIÓN SUPERIOR

Wilson Parra Angarita, Fanny Angulo Delgado, Carlos Soto Lombana
Facultad de Educación, Universidad de Antioquia.

Adriana Soto Zuluaga
Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas, Instituto Tecnológico Metropolitano.

RESUMEN: ¿Hay lugar para el andamiaje en un curso de química en educación superior? Y si es así, ¿cómo es la enseñanza? Se usó la metodología de la Clínica Didáctica para observar la interacción profesora-estudiante durante la enseñanza de la teoría atómica y se adaptó un esquema de codificación para la identificación de los momentos de andamiaje, lo cual reveló enseñanza contingente coincidiendo con el modelo de van de Pol (2011). Se inicia con el diagnóstico que ella hace de la autonomía de los estudiantes como insumo para adaptar el apoyo a la comprensión que pretende alcanzar, a partir de los medios y las intenciones del andamiaje que la profesora promueve.

vi. XIV Congreso Nacional de Investigación Educativa

					
<p>El Consejo Mexicano de Investigación Educativa, A.C. Otorga la presente CONSTANCIA A</p> <p>Wilson Javier Parra Angarita</p> <p>Por presentado la PONENCIA ENEPE: El Conocimiento Pedagógico del Profesor de Ciencias desde la Perspectiva Histórico Cultural en Educación Superior</p> <p>XIV Congreso Nacional de Investigación Educativa <i>Realizado del 20 al 24 de noviembre de 2017, en la ciudad de San Luis Potosí, México</i></p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 33%;">  Dra. Rosa María Torres Hernández Presidenta del COMIE </td> <td style="text-align: center; width: 33%;">  Dra. Yolanda López Contreras Coordinadora del Comité Local </td> <td style="text-align: center; width: 33%;">  Dra. Yengny Marisol Silva Laya Coordinadora del Comité Científico </td> </tr> </table>			 Dra. Rosa María Torres Hernández Presidenta del COMIE	 Dra. Yolanda López Contreras Coordinadora del Comité Local	 Dra. Yengny Marisol Silva Laya Coordinadora del Comité Científico
 Dra. Rosa María Torres Hernández Presidenta del COMIE	 Dra. Yolanda López Contreras Coordinadora del Comité Local	 Dra. Yengny Marisol Silva Laya Coordinadora del Comité Científico			

vii. **III Simposio Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias**

III SIMPOSIO
Conocimiento profesional
del profesor de ciencias 

Los organizadores certifican que
WILSON J. PARRA ANGARITA
c.c. 80'800.149

Participó en el evento como asistente

 Lucia Pinto Mantilla	 Guillermo Fonseca Amaya
--	--

Coordinadores del III Simposio Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias.

Bogotá, 8 de Noviembre de 2017



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



XXI
SEMINARIO
INVESTIGACIONES
BIOLÓGICAS



BIOLÓGIA



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

viii. Certificado de Pasantía



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MÉXICO



H. Comité de Doctorado en Educación
Centro de Investigación Educativas y Pedagógicas - CIEP
Universidad de Antioquia
P R E S E N T E

Por este medio les informo que el estudiante de doctorado en educación, Wilson Javier Parra Angarita adelantó su pasantía doctoral de su tesis titulada: “*Aportes de la perspectiva histórico cultural al PCK del profesor de ciencias en educación superior*” bajo mi supervisión del 6 de abril al 6 de julio del año en curso en la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, teniendo en cuenta el siguiente trabajo:

1. Asistencia a seminarios de investigación con estudiantes de maestría del grupo de investigación.
2. Presentación en seminario de avances de resultados.
3. Consulta y revisión bibliográfica de material en físico, así como en bases de datos especializadas.
4. Avance y conclusión de un capítulo de la tesis doctoral.
5. Participación como asistente a la Semana de Educación Química en la Facultad de Química de la UNAM (se anexa certificado).
6. Expositor de póster a partir de los avances realizados en la pasantía en la Semana de Educación Química en la Facultad de Química de la UNAM (se anexa certificado).
7. Reunión con diferentes profesores de la UNAM.

Las anteriores actividades fortalecen la formación académica e intelectual del estudiante y, en este orden de ideas, permiten cumplir el logro que una pasantía de este nivel de formación pretende.

De esta forma, certifico que el estudiante cumplió a cabalidad con el trabajo con el que se comprometió desde su llegada al grupo. Sin más por el momento y agradeciendo su atención,

“Por mi raza hablará el espíritu”
Ciudad Universitaria, CDMX a 4 de Julio de 2018

Dra. Kira Padilla Martínez
Profesor Titular A TC
Seminario de Investigación Educativa en Química
Facultad de Química, UNAM

ix. Coloquio "Semana de Educación Química"



La Revista Educación Química y la Facultad de Química de la UNAM, a través de los proyectos PAPIIME: PE201816 "Enseñanza experimental de la química mediante aprendizaje basado en problemas" y PE214418 "Desarrollo de exámenes experimentales para el laboratorio de química general como estrategia de aprendizaje y evaluación", otorgan la presente

Constancia

A: **Wilson Parra Angarita, Fanny Angulo Delgado,
Carlos Soto Lombana**

Por la presentación del trabajo: LA NATURALEZA Y EL DESARROLLO DE LA INTERACCIÓN ENTRE COMPONENTES DEL PCK Y SU RELACIÓN CON LOS ELEMENTOS DEL ANDAMIAJE

Dentro de la sesión de pósters del Coloquio "Semana de Educación Química", que se realizó el 15 de junio del 2018, en la Facultad de Química de la UNAM.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, Cdmx, 15 de junio de 2018

Dra. Ana Martínez Vázquez

Dra. Aurora Ramos Mejía

Dra. Flor Reyes Cárdenas

x. **VIII Congreso Internacional sobre Formación Profesores de Ciencias**






FORMACIÓN DE PROFESORES DE CIENCIAS
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SOCIEDADES SUSTENTABLES

CERTIFICADO DE CONTRIBUCIÓN

El comité organizador del VIII Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias para la construcción de sociedades sustentables, realizado en Bogotá, D.C. - Colombia, entre el 10 al 12 de octubre de 2018.

Certificamos que,

Parra Angarita, Wilson, Angulo Delgado, Fanny y Soto Lombana, Carlos

Presentó la **Comunicación Oral** titulada

El Vínculo del Andamiaje en la Caracterización del PCK del Profesor de Ciencias. Estudio de Caso en Educación Superior


Isabel Garzón Barragán
 Universidad Pedagógica Nacional


Carlos Javier Mosquera Suarez
 Universidad Distrital Francisco José de Caldas


Blanca Hilda Prieto de Pinilla
 Universidad de La Salle

ORGANIZADORES



PATROCINADORES








FORMACIÓN DE PROFESORES DE CIENCIAS
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SOCIEDADES SUSTENTABLES

CERTIFICADO DE PARTICIPACIÓN

El comité organizador del VIII Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias para la construcción de sociedades sustentables, realizado en Bogotá, D.C. - Colombia, entre el 10 al 12 de octubre de 2018. Certificamos que,

Wilson Javier Parra Angarita

Participó en el Congreso en calidad de

PONENTE


Isabel Garzón Barragán
 Universidad Pedagógica Nacional


Carlos Javier Mosquera Suarez
 Universidad Distrital Francisco José de Caldas


Blanca Hilda Prieto de Pinilla
 Universidad de La Salle

ORGANIZADORES



PATROCINADORES



xi. Nota Periodística home page Facultad de Educación UdeA

<http://bit.ly/2M2cY0Z>

La formación de los profesores universitarios en ciencias

Wilson Parra, estudiante del Doctorado en Educación e integrante del Grupo de Educación en Ciencias Experimentales y Matemáticas - GECEM, desarrolla su investigación en torno a la formación de profesores universitarios de ciencias: Biología, Química y Matemáticas.

