

La enseñanza de las ciencias experimentales a partir del conocimiento pedagógico de contenido

Miguel Ángel Hernández Cano
Alma Alicia Benítez Pérez
Instituto Politécnico Nacional

Resumen

El principal reto que enfrenta la enseñanza de las ciencias experimentales es lograr que los alumnos disfruten de la Física y la Química. De ahí que haya sido de gran importancia analizar el quehacer del docente ante los desafíos que le presentan los alumnos de Nivel Medio Superior en el Instituto Politécnico Nacional de México. Para lograr ese análisis, fue necesario investigar primero sobre el conocimiento pedagógico de los contenidos del docente, y enseguida identificar los seis dominios característicos de su labor. Este estudio se realizó con base en el seguimiento y descripción de la representación de los contenidos, repertorios profesionales y pedagógicos, de acuerdo con la experiencia de seis profesores, constatada en los registros y transcripciones de las clases. El dominio disciplinar y la profundidad de los temas fueron esenciales en todos los docentes para impartir sus clases. En contraste, una gran carencia en la enseñanza de las ciencias experimentales resultó ser la interacción docente-alumno.

Palabras clave

Conocimiento pedagógico de los contenidos, ciencias experimentales, representación de contenidos, repertorios profesionales y pedagógicos de la experiencia.

The teaching of experimental sciences using content-based pedagogic knowledge

Abstract

The main challenge before the teaching of experimental sciences is to stimulate students to enjoy physics and chemistry. This is the reason why it is so important to analyze the tasks of instructors before the challenges presented by upper secondary level students at the National Polytechnic Institute of Mexico. To carry out this analysis, it was necessary to first research the instructors' pedagogic knowledge of the contents they teach, and then to identify the six characteristic fields of expertise in their work. This study was carried out based on the follow-up and description of the representation of contents, professional and pedagogic repertoires, in accordance with the experience of six professors, registered in the records and transcriptions of the classes. The level of expertise and depth of topics were essentials for all the teachers in giving their classes. In contrast, an important gap in the teaching of experimental sciences was teacher-student interaction.

Keywords

Content representation, experimental sciences, pedagogic knowledge of contents, professional and pedagogic repertoires of experience.

Recibido: 29/04/2017

Aceptado: 04/07/2017

Introducción

En el Instituto Politécnico Nacional (IPN) se enseña Física y Química en el bachillerato que conforman los 18 Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECyT) y un Centro de Estudios Tecnológicos (CET 1), los cuales, en su mayoría, se concentran en tres áreas del conocimiento: Ingeniería y Físicomatemáticas, Médico biológicas y Sociales y Administrativas; los restantes se definen como multidisciplinarios.

La enseñanza de las asignaturas de Física y Química se realiza tomando en cuenta diferentes aspectos: el tipo de planes de estudio (dos semestres de Física en algunas Unidades Académicas o cuatro en otras; mientras que Química se imparte ya sea en dos, tres y cuatro semestres); los contenidos muy extensos en algunos semestres (por ejemplo, Electromagnetismo); el perfil docente; las carreras técnicas por plan y por centro de estudios; los horarios; el tamaño de los grupos; y el perfil del estudiante.

En los distintos centros, los estudiantes cursan Física y Química con muchas dificultades de aprendizaje, además de que cuestionan de manera recurrente la utilidad de estas dos ciencias experimentales, aun dentro del área de Ingeniería y Físicomatemáticas. Los profesores que imparten estas dos ciencias experimentales se enfrentan a diferentes retos, pero el principal es lograr que los alumnos disfruten de la Física y la Química en su entorno, en su contexto, aunque tengan intereses profesionales muy diferentes.

Ante este panorama, es necesario atender el problema desde diferentes ángulos y sobre todo conocer cómo enseña las materias de Química y Física el profesor del Instituto Politécnico Nacional. Actualmente existen algunas investigaciones sólo enfocadas a investigar los problemas del IPN desde un enfoque general (Barrios, 2009), mediante el análisis del modelo educativo, el currículo y los planes de estudio. Sin embargo, otra forma de aproximación implica conocer más de cerca a los profesores, a través de su perfil docente, experiencia, estrategias de enseñanza, el proceso de evaluación y, si es posible, el impacto de su enseñanza en los estudiantes. Para llevarla a cabo, se utilizó una metodología estructurada por dominios y observación docente basada en el conocimiento pedagógico de los contenidos (Shulman, 1986), con el objetivo de describir el quehacer del docente ante los retos que enfrenta con alumnos en el nivel Medio Superior (NMS) en el Instituto Politécnico Nacional (IPN), y poder dar así respuesta a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo vinculan los profesores sus conocimientos de las ciencias con los contenidos pedagógicos?

Marco teórico

Los profesores cuando enseñan Química o Física poseen un conjunto de conocimientos de su disciplina y un conjunto de creencias –entendiendo ‘creencias’ como factores estructurantes de sus decisiones en cuanto a las posibles estrategias de enseñanza (Reyes, 2010)–, que hacen del profesor un actor determinante en la formación del estudiante en el bachillerato mexicano. Cuando los conocimientos disciplinares se vinculan a la enseñanza de esas ciencias experimentales, surge la necesidad de presentar a los alumnos enfoques novedosos. Es aquí donde –al parecer– hay un punto ciego entre los conocimientos disciplinares y la pedagogía, que es estudiado por Shulman (1986) y que tipifica como un paradigma faltante, para luego relacionarlo con el concepto acuñado por él mismo del conocimiento pedagógico de los contenidos (CPC) –en España (Farré, 2009) se ha adecuado a conocimiento didáctico del contenido (CDC)–, al cual, a su vez, define como una categoría especial que “va más allá del conocimiento disciplinario de la disciplina *per se* hacia la dimensión del conocimiento disciplinario para la enseñanza”.

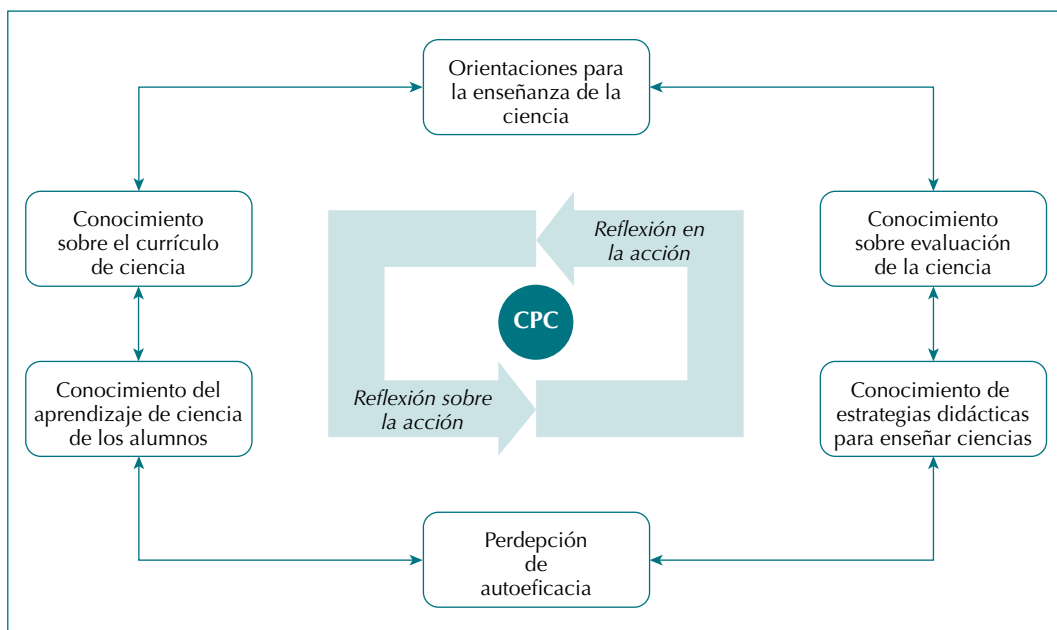
El CPC se refiere entonces a los conocimientos que tiene un profesor para impartir su cátedra, que incluyen creencias, conocimientos declarativos, procedimentales y actitudinales, además de pedagógicos. Para la conformación del CPC se utilizaron seis dominios, propuestos inicialmente por Magnuson, Kracik y Borko (1999) y luego por Park y Oliver (2008), en un modelo hexagonal que plasma la reflexión del docente antes de ir al aula y durante su acción en la misma (Figura 1).

La posesión del conocimiento pedagógico de los contenidos es la que distingue a los profesores noveles de los expertos; “la capacidad de un profesor para transformar el conocimiento temático que posee en formas que son pedagógicamente poderosas y aun adaptables a las variaciones en la habilidad y antecedentes que los estudiantes presentan” (Garritz y Trinidad-Velasco, 2006). Es más, el CPC distingue al científico del profesor (Aydin y Boz, 2013).

Por lo tanto, el modelo que mejor describe el conocimiento pedagógico de los contenidos no sólo representa el entendimiento docente, sino la forma en que éste se actúa y se modifica en el aula; es decir, el CPC se genera a partir de las interrelaciones contextualizadas de los seis dominios de conocimiento, mediante la reflexión sobre la práctica docente que se tiene al planificarla y la reflexión en la práctica que sale a la luz al evaluarla metacognitivamente.

Resulta el conocimiento pedagógico de los contenidos un modelo dinámico donde los profesores no estamos supeditados a ser receptores pasivos de información, sino que creamos conocimientos a partir de esta información y de nuestras propias experiencias. Ésta es una característica fundamental que tenemos y que nos hace

Figura 1. Modelo hexagonal del conocimiento pedagógico del contenido, de Park y Oliver, 2008 (en Farré, 2009).



profesionales, y no meros ejecutores de recetas preestablecidas por investigadores (Farré, 2009). El CPC en suma –según Shulman (1986)– es un tipo de conocimiento que los profesores de ciencias deben poseer, ya que no sólo el dominio del tema científico es determinante, sino también cómo enseñar ese contenido específico de forma efectiva (Citado en Garritz y Reyes, 2006).

El CPC ha sido investigado en diferentes disciplinas, entre ellas Química, Matemáticas, Física y Biología (Hashweh, 1987). Verdugo-Perona, Solás-Portolés, y Sanjosé-López (2017) realizaron una búsqueda exhaustiva y determinaron que con respecto a las ciencias experimentales (Física y Química) ha habido trabajos profundos donde se aplicó el CPC, desde 1994 a la fecha. Los temas en Física abarcan: absorción y reflexión de la luz (Halim y Meerah, 2002), movimiento parabólico, leyes de Newton y electromagnetismo (Lee y Luft, 2008), termodinámica (Jang, 2010), prácticas de laboratorio de Física (Nivalainen *et al.*, 2010), radiactividad y energía solar (Orleans, 2010), óptica (Alonzo, Korbarg y Seidel, 2012), circuitos eléctricos (Loughran, Berry y Mulhall, 2012), cinemática (Maries y Sing, 2013), campo eléctrico (Melo-Niño, Cañada y Mellado, 2013) y, de las investigaciones más recientes, pilas electroquímicas, reacciones nucleares (Aydin *et al.*, 2014) y pilas galvánicas (Brines *et al.*, 2016). En el caso de la Química, los temas estudiados han sido: peso del aire (Johnston y Ahtee, 2006), fases de la materia (Özden, 2008), mol, cantidad

de sustancia y equilibrio químico (Rollnick *et al.*, 2008), modelos submicroscópicos de la materia (Bindernagel y Eilks, 2009), química cuántica (Padilla y van Driel, 2011), materia e interacciones (Seung, Bryan y Haugan, 2012), reacciones químicas, reacciones de oxidación-reducción (Loughran *et al.*, 2012; Aydiz y Boz, 2013), ácidos y bases (Alvarado *et al.*, 2015).

Es un conocimiento altamente específico, tácito y no estático, cuyo registro depende del profesor, del tipo de alumnos, y del tema o tópico a desarrollar. Aún más, un profesor experimentado que enseñe Biología sólo tendrá ideas generales de cómo enseñar conceptos difíciles de Física; y lo mismo le sucederá al profesor de Física al sugerir cómo enseñar Biología (Hashweh, 1987).

En Química el conocimiento pedagógico de los contenidos ha sido de vital importancia, porque puede ser trasladado rápidamente al aula, lo que redundará en un mejor y mayor aprendizaje por parte de los estudiantes (Farré, 2009). También es un modelo de cognición docente. A pesar de que el CPC puede existir, es muy difícil tanto reconocerlo como articularlo, y la observación del desempeño docente dentro del aula solamente proporciona pistas limitadas del CPC que posee un profesor, porque este concepto es un constructo interno, por lo tanto, se requiere entrevistar a ese docente para lograr articularlo. Se ha vuelto crucial en este tipo de investigación la importancia de la relación entre lo que los profesores piensan, la manera en que adquirieron sus conocimientos y su forma de transmitirlos.

El conocimiento pedagógico de los contenidos continúa siendo un constructo teórico muy seductor, pero no un aspecto fácilmente identificable de la práctica docente, por lo tanto, hay pocos ejemplos disponibles en la literatura educativa (Loughran *et al.*, 2004). Ante esto, se han empleado tres tipos de metodologías para identificar y aprehender el CPC:

- a. Cuestionarios de lápiz y papel diseñados con preguntas abiertas, cerradas o ambas.
- b. Entrevistas o técnicas de observación.
- c. La combinación de las dos anteriores (Verdugo-Perona *et al.*, 2017).

Adicionalmente existen dos herramientas particulares que han sido utilizadas con éxito: la llamada representación de los contenidos (*content representation*) y los repertorios profesionales y pedagógicos de la experiencia (*pedagogical and professional-experience repertoires*), también conocidos como inventarios o repertorios (Garritz, 2006). Ambas son complementarias y fueron propuestas por Loughran, Mulhall y Berry (2004).

El propósito de la representación de los contenidos (Core, por sus siglas en inglés) es codificar el conocimiento del profesor de una forma común para identificar características importantes

del contenido que los profesores de ciencias conocen y responden al enseñar dicho contenido; es una visión de conjunto sobre la enseñanza de un tema y se basa en las distintas dimensiones de los conocimientos sobre el contenido, la enseñanza y el aprendizaje; se construye a partir de un conjunto de ocho preguntas sobre un tema (Verdugo-Perona *et al.*, 2017).

El propósito de los inventarios o repertorios (Pepers, abreviado en inglés) es el de proveer informes acerca de cómo ocurre la práctica en el aula; es decir, ayudan a conectar la práctica observada con la comprensión del contenido particular; ayudan a los alumnos a entender mejor los contenidos (Reyes y Garritz, 2006). Podemos decir que la representación de los contenidos (Core) es la fase teórica (lo que declara el maestro) y los repertorios profesionales y pedagógicos de la experiencia (Pepers), la fase práctica (lo que hace el maestro en el aula).

Los inventarios o repertorios (Pepers) se construyen a partir de descripciones detalladas que los maestros hacen de forma individual y como resultado de discusiones de algún tema, idea, o situación escrita en la representación de los contenidos (Core), así como de las observaciones en clase.

En la investigación educativa, la didáctica de la ciencia ha registrado el CPC mediante la Core en temas de Física y Química: Espinosa-Bueno, Labastida, Padilla y Garritz, 2011; Bertram y Loughran, 2012; Aydiz y Boz, 2013; Chapoo, Thathong y Halim, 2014; Chantaranima y Yuengyong, 2014; Alvarado *et al.*, 2015.

Metodología

Participantes. Los seis profesores seleccionados (Tabla 1) contaban con más de cinco años de experiencia docente y habían cursado el diplomado de Formación y Actualización Docente del IPN; algunos habían concluido el diplomado de Competencias Docentes para Profesores del nivel Medio Superior (Profordems); uno finalizó la maestría en Didáctica de la Física (CICATA, del IPN), y otro, un doctorado en Química. Dentro de su experiencia en la enseñanza, dos de ellos han impartido tanto Física como Química en el IPN, al igual que en otras instituciones donde se imparte bachillerato.

Como se observa en la tabla 1, la investigación se llevó a cabo en cuatro unidades académicas del Instituto Politécnico Nacional, donde cada profesor impartió un tema de Física o de Química, en un grupo que varió de entre 20 y 50 estudiantes, cuyas edades oscilaban entre 15 y 18 años.

Instrumentos. La recolección de datos e información de esta investigación se realizó mediante la Core, la observación y las notas de campo, para construir el conocimiento pedagógico de los contenidos, de los temas o ideas centrales de cada profesor. De

Tabla 1. Docentes participantes en la enseñanza de Física y Química.

Profesor	Unidad Académica	Unidad de aprendizaje	Tema	Área
A	CET 1 Walter Cros Buchanan	Física III	Campo eléctrico	Ingeniería y Ciencias Físico Matemáticas
B	CECyT 11 Wilfrido Massieu	Física IV	Campos magnéticos	Ingeniería y Ciencias Físico Matemáticas
C	CECyT 6 Miguel Othón de Mendizábal	Física I	Vectores, movimiento rectilíneo uniforme y uniforme acelerado	Ciencias Médico Biológicas
D	CECyT 11 Wilfrido Massieu	Química III	Equilibrio químico	Ingeniería y Ciencias Físico Matemáticas
E	CECyT 12 José María Morelos	Química I	Configuración electrónica y estructura de Lewis	Ciencias Sociales y Administrativas
F	CECyT 12 José María Morelos	Química I	Enlace químico	Ciencias Sociales y Administrativas

los seis temas (Tabla 1), el de campo eléctrico y equilibrio químico ya habían sido investigados previamente mediante el CPC (Melo-Niño, Cañada y Mellado, 2013; Rollnick *et al.*, 2008).

Representación de los contenidos (Core). Como se mencionó en párrafos previos, la Core se basa en ocho preguntas a las que los docentes responden a profundidad a partir del tema seleccionado y de las cuatro grandes ideas que ellos mismos proponen. En nuestro caso, se hizo una serie de entrevistas con cada profesor para registrar las respuestas acerca de la representación de contenidos. En la Tabla 2 se presentan las preguntas de la Core y se ejemplifica con uno de los seis temas, el de campo eléctrico:

Dos semanas antes de enseñar cada tema, se realizaron las entrevistas a partir de la representación de los contenidos con los seis profesores. En su propuesta original (Loughran *et al.*, 2004), la Core era una matriz que incluía las grandes ideas o conceptos relacionados con el tema central (por ejemplo, el campo eléctrico) en el eje horizontal, y los factores que influían en las decisiones de los maestros, tal como las dificultades de los estudiantes, procedimientos de enseñanza y formas de evaluar el entendimiento de los estudiantes, sobre el eje vertical (Aydin y Boz, 2013). Sin embargo, cada investigación donde se ha usado la Core ha hecho adaptaciones, como el caso de las pilas galvánicas (Brines *et al.*, 2016) y el de la química ácido-base (Alvarado *et al.*, 2015). Las causas fueron diversas, pero una importante se derivó del hecho de que los profesores confundieran las tres primeras preguntas, cuando este cuestionario se les entregó para que lo contestaran en forma directa o por correo electrónico. En nuestro

Tabla 2. Preguntas abiertas incluidas en la Core sobre el campo eléctrico.

1. ¿Qué intentaría que los estudiantes aprendieran con relación a las siguientes cuestiones del campo eléctrico?
<ul style="list-style-type: none"> • Carga de prueba. • Representación del campo eléctrico. • Relación de campo eléctrico con campo gravitacional. • Ley de Gauss.
2. ¿Por qué cree que es importante que los estudiantes aprendan acerca del campo eléctrico?
3. ¿Qué otra cuestión sobre el campo eléctrico considera relevante?
4. ¿Conoce las dificultades o limitaciones que pueden producirse en la enseñanza del campo eléctrico?
5. ¿Conoce las posibles dificultades o ideas alternativas que puedan tener los estudiantes en el aprendizaje del campo eléctrico?
6. ¿Podrían influir otros factores a lo largo de los procesos de enseñanza y aprendizaje del campo eléctrico?
7. ¿Qué metodología de enseñanza utilizaría para obtener el mayor rendimiento de aprendizaje de sus estudiantes?
8. ¿Cómo evaluaría si los estudiantes han comprendido realmente todos los conceptos implicados en el tema de campo eléctrico, y, en especial, las cuatro ideas indicadas en la pregunta 1?

caso, se resolvió hacer varias entrevistas y obtener las respuestas para cada una de las ocho preguntas, con la profundidad que cada docente decidió.

Observación. Los datos y la información que arrojó la representación de los contenidos de los seis profesores fueron valiosos, pero no llegaron a representar una descripción completa del CPC de los participantes. Por ello, se observó la enseñanza de los profesores en el aula y laboratorio. Cada uno de los temas seleccionados por los docentes se expuso entre cuatro y seis sesiones de clase, cada una de 50 minutos. Además, se observó el trabajo docente en el laboratorio, donde cuatro de los profesores permanecieron durante dos sesiones seguidas (100 a 120 minutos), y los otros dos sostuvieron una sola sesión de 50 minutos. En una semana normal, se enseña Física y Química en dos o en cuatro sesiones, tanto en el aula como en el laboratorio. Durante la observación, se tomaron notas y se hicieron video grabaciones de los seis docentes, previo acuerdo con ellos.

Análisis de datos

Se registraron las respuestas de cada profesor a partir de la Core mediante el formato de preguntas de la Tabla 2, y posteriormente se tomaron notas de la observación docente apoyadas en las video grabaciones. Las ocho preguntas de la Core establecieron la base para llevar a cabo la observación en el aula y el laboratorio,

además de un conjunto de indicadores del desempeño docente que se muestran en la Tabla 3.

Las ocho preguntas de la representación de los contenidos se agruparon en seis dominios, así llamados para esta investigación (Tabla 3). Se hizo una descripción detallada, por cada docente, de la Core y la observación docente.

Resultados

Conocimiento pedagógico de los contenidos (CPC) en profesores de Física

Con tres profesores del nivel medio superior del Instituto Politécnico Nacional, se elaboró una matriz que evidenció el proceso de enseñanza en Física para dos CECyT y un CET. La matriz se estructuró con el contenido obtenido por la representación de los contenidos (Core) y el repertorio o inventarios (Peppers) de cada profesor, sumado a la información recabada a través de las entrevistas y la observación docente en diferentes aulas, de las tres diferentes unidades académicas, en horario matutino. Información que contribuyó a la construcción del conocimiento pedagógico de los contenidos.

Dominios de la representación de los contenidos (Core)

Se realizaron entrevistas a los profesores que impartieron Física, con base en las ocho preguntas de la Core. La información que se

Tabla 3. Las variables más importantes de la representación de los contenidos (Core) y los inventarios (Peppers) en la enseñanza de la Física y la Química.

VARIABLES DE INVESTIGACIÓN A PARTIR DE LA ENTREVISTA (CORE) DEL CPC (DOMINIOS)	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN EN LA OBSERVACIÓN DOCENTE A PARTIR DEL INVENTARIO (PEPERS) DEL CPC
1. Propósitos de enseñanza (Primer Dominio)	Recuperación de conocimientos previos
2. Expectativas de los estudiantes (Segundo Dominio)	Interacción docente alumnos
3. Profundidad de los temas (Tercer Dominio)	Secuencia didáctica (inicio, desarrollo y cierre)
4. Conocimientos previos de los estudiantes (Cuarto Dominio)	Estrategias de enseñanza
5. Barreras para enseñar ciencias (Quinto Dominio)	Evaluación
6. Otros factores para enseñar ciencias (Sexto Dominio)	Uso de las TIC
	Dominio disciplinar

derivó de éstas permitió la construcción de un sector del CPC, para dar cuenta de la enseñanza realizada en la unidad de aprendizaje de Física en el nivel Medio Superior del IPN. Enseguida se incluyó el estudio de las representaciones de los contenidos (Core) de los tres profesores con el acceso a los inventarios (Pepers), ver Tabla 3. Dicha indagación se realizó a través de la observación directa de la práctica docente. Ambos resultados permitieron integrar el conocimiento pedagógico de los contenidos, como elemento esencial para responder a la pregunta inicial de este proyecto.

Conocimiento pedagógico de los contenidos (CPC) en profesores de Química

Con relación a la unidad de aprendizaje de Química, se invitó a tres profesores de nivel medio superior del IPN, para la construcción de una segunda matriz, cuyo objetivo era identificar cómo se enseña Química en el nivel Medio Superior, en diferentes condiciones y en dos distintos CECyT. La descripción se estructuró con base tanto en la representación de los contenidos (Core) como en el repertorio (Pepers) de cada profesor. Además, para construir el CPC, se utilizó la información recabada a través de las entrevistas y la observación docente en diferentes aulas y laboratorios, en dos diferentes unidades académicas, con sendos horarios (matutino o vespertino), temas, alumnos y programas.

Dominios de la representación de los contenidos (Core)

Los profesores que imparten Química realizaron también una entrevista basada en las ocho preguntas de la Core. Con ello se construyó parte del conocimiento pedagógico de los contenidos (CPC), que da cuenta de la manera en que se enseña Química en el nivel Medio Superior del IPN. Enseguida se expusieron las representaciones de los contenidos de los tres profesores, para luego presentar los repertorios o inventarios (Pepers) observados en su práctica docente. Ambos resultados se analizaron para integrar el CPC, como elemento esencial para contestar la pregunta inicial de este proyecto.

Conocimiento pedagógico de los contenidos de Física

Con los profesores que imparten Física I, III y IV en el nivel Medio Superior del IPN, se construyó su práctica docente a partir del dominio disciplinar en los temas que se abordaron, como el movimiento rectilíneo uniforme (MRU), el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA), vectores, campo eléctrico y

campo magnético. Para cada tema, los docentes propusieron las cuatro ideas principales para conformarlo al impartirlo en el aula.

Primer dominio de la representación de los contenidos (Core), donde el profesor de Física responde a dos preguntas: ¿qué intenta enseñar a sus estudiantes?, y ¿qué espera que aprendan de los temas de MRU, MRUA, vectores, campo eléctrico y campo magnético?

El estudio permitió apreciar que para cada tema hay cuatro o cinco ideas principales que poseen los profesores para impartir sus temas; es decir, para abordar el tema principal, saben qué temas previos es necesario exponer y la relación que guardan entre sí. Esto demostró su experiencia docente, dominio disciplinar de la Física y claro conocimiento con respecto a la relación que guardan estas ideas entre sí para lograr enseñar estos temas, conceptos, definiciones, leyes, modelos matemáticos y el manejo de algunas habilidades matemáticas; también implicó conocer y tomar en cuenta el perfil del alumno que tenían en sus aulas, esto es, el conocimiento del contexto como parte de la planeación didáctica que contribuyó a enseñar de forma pertinente.

Respecto a la observación directa en el aula de los inventarios o repertorios (Peppers) de cada profesor, ninguno de ellos los hizo evidentes a sus alumnos, no hubo una verbalización para que sus alumnos se percataran de lo que querían lograr con los temas a enseñar. Así, se omitió de forma evidente la intención de los profesores por recuperar los conocimientos previos, ya sea por olvido o por no considerarla un aspecto importante. Esta falta de comunicación en el inicio de una sesión determinó mucho lo observado en el salón de clases o en el laboratorio.

Segundo dominio de la Core. Los profesores de Física, ante la importancia de estos temas para sus alumnos, mencionaron desde su perspectiva docente el escaso interés de los estudiantes por aprenderlos en las unidades académicas de Ingeniería y Físico matemáticas.

Específicamente cuando se realizó la observación docente en el aula, los profesores dedicaron algunos minutos de la sesión de clase para ahondar en los cuestionamientos de los estudiantes; ¿para qué me sirve aprender estos temas de Física?, o ¿por qué es importante aprenderlos? En este contexto se evidenció la falta de interés de los estudiantes por sus acciones y actitudes en el aula: algunos llegaron tarde al salón, otros no preguntaron, su participación fue nula, no respondieron ante las preguntas abiertas o divergentes de los profesores. La conducta del estudiante en la clase se centró en tomar un apunte directo del pizarrón o revisar lo que había hecho el compañero de al lado.

Tercer dominio. Los profesores afirmaron que los temas de Física tuvieron mayor profundidad en el aula y en el laboratorio,

para favorecer su aprendizaje y relacionarla con otras ciencias, en ambientes donde los temas están contextualizados para despertar el interés en los estudiantes, mediante los recursos de la lluvia de ideas y las analogías.

Durante la observación docente no se logró confirmar que los temas de Física acordados en la representación de los contenidos (Core), se llevaran a un plano de profundidad, ni por una propuesta docente ni por la iniciativa de algún estudiante. Se abordaron las ideas clave de cada tema y el tema central.

En cuanto al CECyT 6, las sesiones fueron de dos horas (el laboratorio fue utilizado como espacio de trabajo teórico), con posibilidades amplias de profundizar en alguno de los temas, y comprobar lo que mostró saber el docente en la entrevista. En el CECyT 11, las sesiones fueron de dos horas, y, aunque el docente intentó profundizar, no favoreció la comunicación con los estudiantes, ya que al inicio los estudiantes tomaron notas, limitándose a ser receptores de la clase, y la postura del docente no contribuyó para cambiar esta situación. Así, los estudiantes sólo escucharon, anotaron y asintieron con la cabeza. Finalmente, en el CET 1, las sesiones en el aula fueron de una hora y las de laboratorio de dos, donde fue notorio cómo el profesor, con ayuda del adjunto, consolidaron la actividad en el laboratorio para realizar la parte experimental.

Cuarto dominio. Sobre las dificultades y limitaciones que tienen los profesores de Física en la enseñanza de los temas propuestos en la Core, enumeraron en la entrevista una serie de dificultades que pueden agruparse en cuatro grandes rubros: a) las características de los estudiantes, como los conocimientos básicos previos, la timidez para preguntar dudas y el desinterés; b) la ausencia de recursos didácticos o de infraestructura, como maquetas, videos, imágenes en tres dimensiones, materiales y equipo de laboratorio; c) el perfil docente carente de planeación, así como escasas estrategias para recuperar conocimientos previos y su poco interés por enseñar; y d) el currículo de Física, que incluye dos horas para sesiones teóricas, otras dos para laboratorio y una hora en otros ambientes.

En el registro de la observación docente, que implicó sesiones presenciales dentro del aula y del laboratorio de todos los temas acordados en la representación de los contenidos (Core), se pudo confirmar la enseñanza de todos los temas por los tres profesores a partir del seguimiento de la secuencia didáctica de las cuatro ideas planteadas por ellos. El inicio, desarrollo y cierre no se observaron, ni se distinguieron en la clase; no fueron acciones evidentes del docente que llevaran al estudiante a tener orden en su aprendizaje, conciencia de lo aprendido, ni ejemplos de su aplicación en la vida académica o laboral. La enseñanza se basó en el dominio disciplinar de los tres profesores, cercana a una clase magistral; incluso una de ellas, sin ninguna interacción

docente estudiante, o una interacción superficial que se quedó en las preguntas que hizo el profesor a sus estudiantes sobre si habían entendido o no el tema.

Se esperaba alguna estrategia para recuperar conocimientos previos o abordar un ejercicio en su comprensión y solución, y, al final, la metacognición del alumno que diera cuenta de su aprendizaje. En la fase inicial los alumnos no mostraron atención al tema, en tanto que en el desarrollo resolvieron ejercicios previamente ideados y organizados en un cuadernillo –creado por el cuerpo colegiado de profesores–, que sirvieron de base para la discusión del tema o la interacción del docente con sus alumnos. Se observó que los estudiantes resolvieron los ejercicios como un proceso mecánico o asumieron resolver sólo uno de ellos con el fin de entender el tema. Aunque se trataba de grupos medianos (20 a 30 alumnos) y grandes (40 alumnos), los docentes no lograron generar dudas, a manera de un reto cognitivo para incitar la discusión con los estudiantes y robustecer el aprendizaje significativo, e iniciar así el nivel multiestructural propuesto por Biggs (2010).

Durante el cierre de la estrategia didáctica, fue fundamental comprobar el aprendizaje de los estudiantes de los temas de MRU, MRUA, vectores, campo eléctrico y campo magnético. Solamente uno de los tres profesores reflexionó sobre el aprendizaje de sus estudiantes, remarcó los temas aprendidos a través de analogías, las habilidades logradas, y, de manera somera, también se refirió a la aplicación de estos temas, aunque lo ideal habría sido que estas acciones las hubieran realizado los estudiantes.

Quinto dominio. Con respecto a los conocimientos de los estudiantes que influyen en la enseñanza de los temas de Física, los profesores argumentaron el escaso conocimiento por parte de aquellos sobre estos temas; por ejemplo, lograr la abstracción del concepto de campo eléctrico no fue tarea fácil, y por eso se les solicitó llevar a cabo investigaciones previas. Ante estas carencias, el profesor emprendió una evaluación diagnóstica al inicio del curso, donde confirmó el bajo dominio de conceptos previos. Asimismo, el profesor dio una clase expositiva al inicio del tema, en la cual el estudiante se limitó a tomar notas, copiar la definición o a sacar una foto del apunte generado por el profesor.

En este orden de ideas los profesores también afirmaron la influencia que tienen las carreras técnicas, las cuales –desde su punto de vista– determinan el nivel de conocimientos previos en los estudiantes, por ejemplo: para Física I, la especialidad de los estudiantes era técnico en Enfermería; para Física III, en Automatización y Control Eléctrico; y para Física IV, en Construcción. Tres carreras que ofrece el Instituto Politécnico Nacional en las áreas Médico biológicas y de Ingeniería y Físico-matemáticas.

En la observación docente, los estudiantes mostraron tener conocimientos básicos previos y un buen dominio al exponer.

A este respecto, los docentes hicieron pocas acciones eficientes para confirmar el nivel de sus alumnos al iniciar los temas. Particularmente un profesor, ante la poca participación de los estudiantes, realizó él mismo un recordatorio de los temas previos, necesarios para iniciar el tema nuevo. El manejo de un cuadernillo de ejercicios parecía ser la clave para enseñar, pero no logró ayudar a los estudiantes debido al nivel de sus conocimientos previos. Por lo tanto, podemos afirmar que en el aula no sucedió esta acción docente, aunque en la Core los tres profesores lo afirmaron. En el caso del programa de Física I, dedicaron en todos los grupos, por acuerdo de Academia, una parte del curso para revisar, corregir y promover los conocimientos previos del estudiante; estrategia que fue de gran utilidad para el desarrollo de algunos de los temas.

Sexto dominio. Con respecto a otros factores que influyen en la enseñanza de los temas de Física, los profesores afirmaron que son diversos: como la condición académica y administrativa de los estudiantes, el adeudo de unidades de aprendizaje, el ingreso tardío al curso, las malas condiciones del laboratorio (no es generalizada), la falta de material y equipo para realizar experimentos donde todos los estudiantes puedan participar (sólo en Física IV). La falta de conocimiento del contexto de los alumnos no ayudó a determinar con certeza por qué no aprendieron o la poca dedicación a observar el comportamiento de los alumnos por parte del profesor.

En la observación docente, sólo se logró detectar que los profesores no conocían a sus alumnos; no hubo comunicación personalizada, los nombres de los estudiantes no eran del dominio del docente. En tanto que los alumnos –muy pocos– llegaron tarde a las sesiones, no llevaron su cuaderno, ni su manual con los ejercicios, y, lo más importante, su participación activa fue pobre. Cuando los profesores intentaron alguna interacción con los estudiantes lo hicieron sin saber el nombre del alumno –aunque tuvieron el recurso de ver su lista de asistencia, pero no la consultaron– o hicieron preguntas abiertas que ninguno respondió. Sólo en Física I y III los estudiantes entregaron ejercicios para su registro en una evaluación.

Conocimiento pedagógico de los contenidos (CPC) de Química

Los profesores que impartieron Química I y IV en el nivel Medio Superior del Instituto Politécnico Nacional, en los CECyT 11 y 12, también construyeron su práctica docente a partir del dominio disciplinar que poseen en los dos temas que se abordaron: Enlace químico y Equilibrio químico.

Primer dominio de la representación de los contenidos (Core). Esta sección se enfocó principalmente en analizar la intención de los profesores de Química cuando enseñan los temas de Enlace químico (Química I) y Equilibrio químico (Química IV). El análisis permitió identificar tres ideas principales que tienen los profesores en cuanto al orden de los temas y la metodología para su enseñanza. Respecto al Equilibrio químico, el profesor enseñó conceptos y procedimientos empleando analogías de la vida cotidiana, la industria y la carrera técnica que cursaron sus estudiantes. Para los profesores de Química I, su enseñanza se enfocó en las ideas principales; idearon la manera de enlazar conceptos para llegar a un tema esencial –por ejemplo, la nomenclatura química– a través de analogías. Desde esta perspectiva uno de los profesores afirmó: “Se enseñan las bases para dominar la complejidad de la Química”.

La observación docente en el aula constató el predominio de la clase expositiva, aunque ocurrió cierta participación de los estudiantes cuando se llevó a cabo la lluvia de ideas en Química IV. La profesora tuvo una acción permanente en todas las sesiones, cumplió con los temas propuestos en la Core, con un lenguaje claro y explícito para comunicar la intención de la enseñanza del Equilibrio químico, aunque con poca participación de los estudiantes. La docente preguntó: ¿para qué les va a servir el Equilibrio químico?, o ¿dónde se aplica? La profesora, ante la actitud descrita de los alumnos, propuso entonces indagar en la red mediante el uso de los celulares, para encontrar ejemplos concretos de la industria alimenticia y farmacéutica donde este tema es esencial.

En Química I, también los dos profesores expresaron a sus alumnos la intención de enseñar Enlace químico, y abordaron en todas las sesiones los temas acordados en la representación de los contenidos, con una participación activa de los estudiantes; en parte por la acción docente, pero también por su propia voluntad (Química I del CECyT 12 pertenece al área de Ciencias Sociales y Administrativas).

Segundo dominio. Se planteó a los tres profesores de Química la importancia de que sus alumnos aprendieran los temas de Equilibrio químico y Enlace químico. Para el tema de Equilibrio químico, dicha importancia está muy relacionada con los intereses de los alumnos que cursan la especialidad de Construcción en el Instituto Politécnico Nacional; incluso la docente ejemplificó su uso en el fraguado del cemento, pero no fue suficiente para motivar a sus alumnos, quienes tienen la intención de ingresar a una ingeniería o licenciatura donde la Química es esencial. Para el tema de Enlace químico, ambos docentes, a través de la ejemplificación, mostraron la relevancia de este tema en las carreras de ingeniería o carreras del IPN, donde la Química es parte fundamental para su formación integral.

En la observación docente en Química IV, el profesor explicó la importancia del tema y de su aprendizaje a los estudiantes, y, mediante ejemplos, hizo notoria su experiencia laboral y docente, aunque sus estudiantes no lograron adentrarse en su exposición, pues mantuvieron una actitud de poco interés.

En Química I, la comunicación de ambos profesores a sus alumnos para explicar la importancia del tema de Enlace químico fue clara y convincente; dieron ejemplos cotidianos de compuestos químicos que pueden hallarse principalmente en el hogar, cuyos nombres y fórmulas resultaron de interés. Los alumnos levantaron la mano, participaron y preguntaron a los profesores, quienes se vieron motivados a prolongar la explicación. La clave –al parecer– fue el conocimiento del contexto de los alumnos y haber utilizado ejemplos reales, pero también de la cercanía que hubo entre los docentes y sus alumnos.

Tercer dominio. Se les preguntó a los profesores de Química por los saberes adicionales que tenían como docentes de la enseñanza de los temas de Equilibrio químico y Enlace químico y que no se incluyeron en las tres ideas ya descritas. En el caso de Química IV, debido a la amplia experiencia docente, fue posible profundizar en los factores que afectan la velocidad de reacción, y se aprovechó más el laboratorio con propuestas sencillas pero interesantes para los alumnos, enfocadas en la problemática ambiental y a partir del tema central del Equilibrio químico. En Química I, se planteó ahondar en el comportamiento de los electrones, la mecánica cuántica y las propiedades magnéticas, así como la creación de materiales didácticos que mejoren el aprendizaje de los estudiantes, diversificar la comprensión del tema con lecturas y su relación con propiedades asociativas.

La observación docente no se realizó en el desarrollo de los temas de Equilibrio ni de Enlace químicos. Las sesiones en el aula apenas fueron suficientes para enseñar las grandes ideas que los tres profesores plantearon. Sin embargo, en Química IV, las sesiones fueron de dos horas, en un horario corrido, y se constató que hubo tiempo suficiente para lograr enseñar los temas de velocidad de reacción, los factores que afectan la velocidad de reacción, el propio Equilibrio químico, así como los elementos que afectan este equilibrio. Lo mismo se confirmó para la sesión de laboratorio, puesto que hubo un apoyo importante de otro profesor de la misma academia, lograron juntos conducir a los alumnos a indagar, a experimentar y a proponer un mejor aprovechamiento del tiempo. En contraste, en Química I las sesiones fueron de una hora tanto para la clase en el aula como para el laboratorio, y fue notoria la dificultad para profundizar en algunos de los temas propuestos. Uno de los profesores de Química I narró en una conversación su experiencia en el aula con este tema, en otra institución y con sesiones de dos horas; habló sobre la

forma diferente de enseñar con la participación activa de los estudiantes: “allá sí me da tiempo para que los alumnos participen, discutan y la estrategia de enseñanza no sea la típica clase magistral. Creo que en el IPN recurro a ella porque el tiempo no me alcanza.”

Cuarto dominio. Los profesores de Química explicaron las dificultades y limitaciones que han encontrado al enseñar el Equilibrio químico y el Enlace químico. Los tres docentes enfocaron las dificultades en los estudiantes; señalaron sus carencias, antecedentes académicos desfavorables y la reprobación de más de una unidad de aprendizaje. No obstante, en el caso particular de Química IV, se trataba de estudiantes en el último semestre que evitaron reprobar tanto ésta como otras unidades de aprendizaje. Otra dificultad de la enseñanza de los temas reside en el docente; los tres profesores confirmaron la necesidad de la formación docente aparte de la disciplinar: “no basta con saber Química, nos hace falta saber enseñarla”. Postura que influyó directamente en el gusto de los alumnos por aprender Química, y que se vio reflejada en la inasistencia al aula.

La observación docente confirmó que la formación pedagógica, en particular, las estrategias de enseñanza, la metacognición, la recuperación de conocimientos previos, la interacción constante con el alumno, fueron acciones tangibles que mejoraron la enseñanza y se reflejaron en el aprendizaje de los estudiantes. En Química IV, a pesar del dominio de los temas por parte del profesor y su experiencia laboral para dar ejemplos a sus alumnos, éstos no mostraron nunca interés por aprender, preguntar o experimentar en el laboratorio. En Química I, uno de los profesores hizo una reflexión profunda de su rol docente (en la Core), donde asumía sus carencias para la enseñanza de la Química, al tiempo que se mostraba interesado en conocer cómo mejorar su desempeño en el aula. Al respecto, afirmó: “Si yo pudiera descubrir cómo enseñar mejor, me serviría más que cuando mis alumnos afirman que les gusta mi clase”.

Dentro del aula y del laboratorio, los dos profesores mostraron un interés claro por la participación de los estudiantes. Incluso con uno de ellos, los alumnos de forma espontánea pidieron pasar al frente de la clase para realizar las configuraciones electrónicas de diversos elementos, el uso del kernel y la deducción del número atómico de algunos elementos que el profesor propuso.

Quinto dominio. Los profesores presupusieron los conocimientos que los alumnos poseían para aprender los temas de Equilibrio químico y de Enlace químico. Ambos temas resultaban difíciles para los estudiantes de los tres profesores, no tenían ninguna base de conocimiento ni idea de su posible aplicación,

mucho menos habían podido relacionar los temas con otras unidades de aprendizaje en el IPN. Pocos alumnos habían escuchado acerca del Equilibrio químico, de kernel o del electrón diferencial. Para Química IV, el curso previo es Química orgánica, y, al parecer, esto dificulta la obtención de conocimientos sobre Equilibrio químico. Para Química I, su más cercano antecedente se halla en los estudios de secundaria, de los que se tienen escasos recuerdos, además de que la idea general es de desagrado por el aprendizaje de esta ciencia.

La observación directa en el aula y el laboratorio hizo evidente un talento de los docentes. Al iniciar los temas de forma sencilla, con un lenguaje adecuado y claro para los estudiantes, hicieron lo posible por interesar a los alumnos, y, ante la falta de conocimientos previos, retomaron el tema desde el inicio, o, ante dudas, aprovecharon un espacio para explicar de nuevo. La sesión experimental fue corta, con monitoreo de los docentes en los distintos equipos de trabajo; particularmente en el CECyT 11, dos profesores apoyaron a los estudiantes, en el lapso de dos horas; no así en el CECyT 12, donde solo hubo un profesor en el laboratorio durante 50 minutos.

Sexto dominio. Se indagó con los tres profesores sobre otros factores que influyen en la enseñanza del Equilibrio y el Enlace químicos. En Química IV condicionaron el desempeño de los estudiantes: que se tratara del sexto semestre (último de la vocacional en el IPN), el tamaño del grupo (menor a 30 alumnos), la pertinencia del aula para usar las TIC, la actitud de los docentes, la preparación disciplinar docente, el horario (9 a 10 pm, como clase final del turno vespertino en el CECyT 12). Los tres profesores afirmaron que los indicadores ideales para trabajar estos temas y contribuir en el desempeño de los estudiantes son: trabajar con grupos pequeños, el uso de herramientas tecnológicas y la actualización permanente de cursos en temas químicos y pedagógicos.

Durante la observación docente el número reducido de estudiantes en Química IV favoreció su desempeño, participación, gusto por aprender y responsabilidad de algunos alumnos. En Química I, el número de estudiantes osciló entre 30 y 35 alumnos, el horario de clases y de laboratorio para los grupos de estos profesores era a las 8 horas en el turno matutino, y de 18 a 20 en el vespertino. Se confirmó la carencia de herramientas tecnológicas durante el desarrollo de las actividades, así como una postura de resignación por parte de los docentes ante la actitud de los estudiantes cuando enfrentan situaciones ajenas a sus intereses y asumen como algo normal los conocimientos; a final de cuentas, habilidades y actitudes poco propicias para la enseñanza de las ciencias experimentales.

Conclusiones

- ▶ La pregunta fundamental de esta investigación fue indagar cómo enseñan Física y Química los profesores en el nivel Medio Superior del Instituto Politécnico Nacional. La respuesta hoy la tenemos acotada a un grupo de seis docentes mediante el conocimiento pedagógico de los contenidos (CPC), en sus dos aspectos: la representación de los contenidos (Core) y los repertorios o inventarios (Peppers). La primera, basada en seis dominios explorados en los profesores; la segunda, en la observación docente. Podemos decir que la construcción del CPC es una primera aproximación a lo que dice y hace un profesor en ciencias experimentales; no obstante, en el repertorio (Peppers) la metodología seguida no expone ningún apoyo de cómo observar en el aula, lo cual es un aspecto importante a discutir y profundizar en otra investigación. La experiencia docente, la experiencia en procesos de evaluación docente y el manejo de instrumentos de evaluación fueron elementos para sistematizar la vida académica en el aula.
- ▶ La enseñanza de la Física y la Química, observada en el nivel Medio Superior del Instituto Politécnico Nacional, se realizó a través de clases magistrales tradicionales y esporádicamente mediante el empleo de algunas estrategias, como las analogías, la lluvia de ideas y la experimentación en el laboratorio con el fin de fortalecer el aprendizaje en el estudiante. La clase magistral se llevó a cabo como estrategia de enseñanza con grupos intermedios y grandes, con pocos resultados positivos, ya que no se utilizó la interacción, el monitoreo de los alumnos, las preguntas convergentes y divergentes, como lo propone Biggs (2010). Se constató que hubo una disociación entre lo que los profesores declararon y lo que es el saber directamente ligado a la acción. Asimismo, ninguno de los profesores se llegó a considerar meramente transmisor del conocimiento, sino que se conformó un modelo didáctico intermedio entre el tradicional y el que aboga por el constructivismo (Jiménez, 2004).
- ▶ El conocimiento pedagógico de los contenidos en los seis profesores fue amplio y variado, se hizo evidente su saber disciplinar, así como la aplicación de algunas estrategias pedagógicas, lo que contribuyó para fortalecer la enseñanza. Sin embargo, dicho acervo no fue suficiente para garantizar el aprendizaje de la Física y la Química en los estudiantes.
- ▶ El empleo de las estrategias didácticas parece ser fundamental para la enseñanza exitosa, y, en particular, la recuperación de conocimientos previos y la interacción docente-alumno, que resultan piezas clave para la enseñanza de las ciencias experimentales.
- ▶ La representación de los contenidos evidenció la importancia de profundizar los temas para fortalecer el gusto por las cien-

cias experimentales en alumnos que ya han decidido estudiar en el nivel superior del Instituto Politécnico Nacional alguna carrera relacionada.

- ▶ Los profesores entrevistados explicaron y resolvieron ejercicios, atendieron las dudas expuestas por los estudiantes en la fase de “desarrollo” en una secuencia didáctica y lograron enseñar los principales conceptos que planearon en su representación de contenidos (Core). Otro aspecto relevante fue su corporalidad, la voz incluida, como una herramienta que supieron utilizar, al igual que el uso del pizarrón para explicar casi todas las dudas de los estudiantes.
- ▶ El trabajo en el laboratorio fue otro acierto. Implicó conocer los materiales, reactivos, cuidados, destrezas manuales y monitoreo del trabajo de los alumnos; incluso haber protagonizado una práctica demostrativa denotó la habilidad y experiencia docente para realizar algunos experimentos de electromagnetismo. Así, el conocimiento pedagógico de los contenidos llega a ser una radiografía del profesor antes y durante su práctica docente, pero, al construirlo, se volvió una herramienta llena de motivaciones para conocer el perfil del docente mediante la Core y los Pepers.
- ▶ El desempeño de los docentes en el aula fue variado y se enfocó en los siguientes aspectos: el uso de las TIC fue prácticamente nulo por los seis profesores en el aula, ni un programa educativo, plataforma, ni página *web* para apoyar su explicación; aunque en Física III y IV se haya utilizado la pantalla del laboratorio para explicar una práctica o empleado una cámara para proyectar los experimentos de la práctica demostrativa en Física IV. La escasa interacción alumno-docente en el proceso enseñanza aprendizaje trajo por consecuencia un aprendizaje adquirido de forma tradicional, es decir, se impulsó la memorización de los contenidos. Con la limitada comunicación entre el docente y el alumno, la iniciativa por parte de los alumnos para aprender ciencias experimentales fue básica y esto se manifestó en su desempeño en el aula.
- ▶ El alineamiento constructivo de la enseñanza (Biggs, 2010) se presentó en la representación de los contenidos (Core), pero no en los repertorios (Pepers), lo que debe ser atendido, pues permite identificar las interacciones en el aula, las ideas previas del estudiante y el monitoreo por parte del profesor. Los resultados hicieron evidente la poca atención del profesor para monitorear las actividades desarrolladas por los estudiantes; únicamente un profesor realizó esta actividad durante las sesiones, aunque no realizó ningún registro de las observaciones para ser analizado posteriormente, lo que redujo la posibilidad de elaborar un instrumento de evaluación formativa que pudiera fortalecer el aprendizaje de los alumnos a través del monitoreo. La recuperación de los conocimientos previos al inicio

de un tema fue determinante, puesto que fue la plataforma para lograr el aprendizaje en las ciencias experimentales.

Agradecimiento

Los autores agradecen el patrocinio otorgado por la Secretaría de Investigación y Posgrado-Instituto Politécnico Nacional para realizar y presentar este artículo con la investigación que tiene por números de registro 20150036.

Referencias

- Alonzo, A.C., Kobarg, M., y Seidel, T. (2012). Pedagogical content knowledge as reflected in teacher-student interactions: Analysis of two video cases. *Journal of Research in Science Teaching* 49(19), 1211-1239.
- Alvarado, C., Cañada, F., Garritz, A., y 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.
- Aydin, S., y Boz, Y. (2013). The nature of integration among PCK components: A case study of two experienced chemistry teachers. *Chemistry Education: Research and Practice* 14, 615-624. Recuperado el 01 de noviembre de 2017 de <http://pubs.rsc.org/-/content/articlehtml/2013/rp/c3rp00095h>.
- Barrios, L.C. (1999). *La enseñanza de la Química en los Cecyt's del IPN. Una propuesta didáctica*. (Tesis inédita de maestría). UNAM, México.
- Bertram, A., y Loughran, J. (2012). Science teachers' views on CoRes and PeP-eRs as a framework for articulating and developing pedagogical content knowledge. *Research in Science Education* 42(6), 1027-1047.
- Biggs, J. (2010). *Calidad del aprendizaje universitario*. México: Anuiés.
- Bindernagel, J.A., y 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.
- Brines, A., Solas-Portolés, J.J., y 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* 43(2), 107-127.
- Chantaranima, T., y Yuenyoung, Ch. (2014). The pedagogical content knowledge exploration from the Thai expert physics teacher's class. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 116, 389-393.
- Chapoo, S., Thathong, K., y Halim, L. (2014). Biology teachers' pedagogical content knowledge in Thailand: Understanding & Practice. *Procedia: Social and Behavioral Sciences* 116, 442-447.
- Espinosa, J.S., Labastida, D.V., Padilla, K. y 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.
- Farré, A. y Lorenzo, G. (2009). Conocimiento pedagógico de contenido: una definición desde la Química. *Educación en la Química* 15(2), 1103-1113.
- Garritz, A. (2001). La educación de la Química en México en el siglo XX. *Journal of the Mexican Chemical Society* 45(3), 109-114.

- Garritz, A. (2006). La naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. *Revista Iberoamericana de Educación* 42(1), 127-152.
- Garritz, A. y Trinidad-Velasco, R. (2006). El conocimiento pedagógico de la estructura corpuscular de la materia. *Educación química* 17(X), 236-266.
- Halim, L. y Meerah, S. (2002). Science trainee teachers' pedagogical content knowledge and its influence on physics teaching. *Research in Science & Technological Education* 20(2), 215-225.
- Hashweh, M.Z. (1987). Effects of subject matter knowledge in the teaching of biology and physics. *Teaching and Teacher Education* 3(2), 109-120.
- Jang, S. y Ahtee, M. (2010). Assessing college students' perception of a case teacher's pedagogical content knowledge using a newly developed instrument. *Higher Education* 61(6), 663-678.
- Jiménez-Liso, M.R. y De Manuel, T.E. (2009). El regreso de la Química cotidiana: ¿regresión o innovación? *Enseñanza de las Ciencias* 27(2), 257-272.
- Johnston, J., y Ahtee, M. (2006). Comparing primary students teacher's attitudes, subject knowledge and pedagogical content knowledge needs in a physics activity. *Teaching and Teacher Education* 22(4), 503-512.
- Lee, E. y Luft, J. A. (2008). Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education* 30(10), 1343-1363.
- Loughran, J., Berry, A., y Mulhall, P. (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., Berry, A., y Mulhall, P. (2012). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*, Rotterdam, Países Bajos: Sense Publishers. Recuperado el 1 de noviembre de 2017, de <https://www.sensepublishers.com/media/1219-understanding-and-developing-science-teachers-pedagogical-content-knowledge.pdf>
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95-132). Dordrecht, Países Bajos: Kluwer Academic.
- Maries, A. y Singh, C. (2013). Exploring one aspect of pedagogical content knowledge of teaching assistant using the test of understanding graphs in kinematics. *Physical Review Special Topics: Physics Education Research* 9(2), artículo 020120. Recuperado el 1 de noviembre de 2017, de <http://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevSTPER.9.020120>.
- Melo-Niño, L.V., Cañada, F., y Mellado, V.M. (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* núm. extra, 2275-2279.
- Nivalainen, V. et al. (2010). Preservice and Inservice teachers' challenges in the planning of practical work in Physics. *Journal of Sciences Teacher Education* 21(4), 393-409.
- Orleans, A.V. (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., y Van Driel, J. (2011). The relationship between PCK components: the case of quantum chemistry professors. *Chemistry Education Research and Practice* 12(3), 367-378.
- Park, S., y Oliver, J. (2008). Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research Science Education* 38(2), 261-284.
- Reyes, F. y Garriz, A. (2006). Conocimiento Pedagógico del Concepto de Reacción Química en Profesores Universitarios Mexicanos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa* 11(31), 1175-1205.
- Reyes, J. (2010). Tendencias en investigación en el Conocimiento Pedagógico de Contenido de profesores de Física en formación inicial. *Revista de Enseñanza de la Física* 23(1 y 2), 7-19.
- Rollnick, M., Bennett, J., Rhemtula, M., Dharsey, N., y Ndlovu, T. (2008). The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: a case study of South Africa teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. *International Journal of Science Education* 30(10), 1365-1387.
- Seung, E., Bryan, L.A. y Haugan, M.P. (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.S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher* 15(2), 4-11.
- Verdugo-Perona, J. J., Solaz-Portolés, J.J., y Sanjosé-López, V. (2017). El conocimiento didáctico del contenido en ciencias: estado de la cuestión. *Cuadernos de Pesquisa* 47(164), 586-611.