

Conocimiento pedagógico de contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia y praxis docente

Pedagogical content knowledge for the teaching of the nature of
science and teaching praxis

Conhecimentos pedagógicos para o ensino da natureza das
ciências e práticas de ensino

Connaissances pédagogiques pour l'enseignement de la nature des
sciences et la pratique de l'enseignement

 **Marvis Martínez Bruce**
Marvisbruce@gmail.com

 **Esteban E. Añez Briceño**
estebananezbriceno@gmail.com

Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
Instituto Pedagógico de Caracas, Venezuela



Recibido: 07 de agosto 2023 / Aprobado: 30 de septiembre 2023 / Publicado: 23 de noviembre 2023

RESUMEN

El constructo “Naturaleza de la Ciencia” es fundamental en la alfabetización científica de la ciudadanía. Sin embargo, su complejidad ha sido un obstáculo para su adecuado tratamiento en el aula. Para superar esta problemática, se realizó un proceso educativo fundamentado en el “Conocimiento Pedagógico del Contenido” en los cursos de Ciencias Naturales del Departamento de Biología y Química, del Instituto Pedagógico de Caracas con un diseño de Investigación Acción, siendo los participantes un grupo de docentes y sus respectivos estudiantes. El análisis narrativo de la investigación acción de primer orden, permitió inferir que el desarrollo de un conocimiento pedagógico de contenido hace que el futuro docente modifique sus creencias sobre la enseñanza y construya saber pedagógico. La investigación de segundo orden explica que la investigación acción resultó ser un marco idóneo para auto reflexionar sobre la praxis y transformarla, generar desarrollo profesional y adquirir madurez investigativa.

Palabras clave: Naturaleza de la Ciencia, Conocimiento Pedagógico de Contenido, Investigación Acción

ABSTRACT

The construct "Nature of Science" is fundamental in citizens' scientific literacy. However, its complexity has been an obstacle to its adequate treatment in the classroom. To overcome this problem, an educational process based on "Pedagogical Content Knowledge" was carried out in the Natural Sciences courses of the Department of Biology and Chemistry, of the Pedagogical Institute of Caracas with an Action Research design, the participants being a group of teachers and their respective students. The narrative analysis of first-order action research allowed us to infer that the development of pedagogical content knowledge causes future teachers to modify their beliefs about teaching and build pedagogical knowledge. The second-order research explains that action research turned out to be an ideal framework to self-reflect on praxis and transform it, generate professional development and acquire investigative maturity.

Key words: Nature of Science, Pedagogical Content Knowledge, Investigation action

RESUMO

O construto "Natureza da Ciência" é fundamental na alfabetização científica dos cidadãos. Contudo, sua complexidade tem sido um obstáculo ao seu tratamento adequado em sala de aula. Para superar este problema, foi realizado um processo educativo baseado no "Conhecimento Pedagógico do Conteúdo" nos cursos de Ciências Naturais do Departamento de Biologia e Química do Instituto Pedagógico de Caracas com desenho de Pesquisa-Ação, tendo como participantes um grupo de professores e seus respectivos alunos. A análise narrativa da pesquisa-ação de primeira ordem permitiu inferir que o desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo faz com que os futuros professores modifiquem suas crenças sobre o ensino e construam o conhecimento pedagógico. A investigação de segunda ordem explica que a investigação-ação revelou-se um quadro ideal para refletir sobre a práxis e transformá-la, gerar desenvolvimento profissional e adquirir maturidade investigativa.

Palavras-chave: Natureza da Ciência, Conhecimento Pedagógico do Conteúdo, Ação de investigação

RÉSUMÉ

La notion de "nature de la science" est fondamentale pour la culture scientifique des citoyens. Cependant, sa complexité a été un obstacle à son traitement adéquat en classe. Pour surmonter ce problème, un processus éducatif basé sur la "connaissance pédagogique du contenu" a été mis en œuvre dans les cours de sciences naturelles du département de biologie et de chimie de l'institut pédagogique de Caracas, dans le cadre d'une recherche-action, avec pour participants un groupe d'enseignants et leurs élèves respectifs. L'analyse narrative de la recherche-action de premier ordre a permis de déduire que le développement de la connaissance du contenu pédagogique amène les futurs enseignants à modifier leurs croyances sur l'enseignement et à construire des

connaissances pédagogiques. La recherche de deuxième ordre explique que la recherche-action s'est avérée être un cadre idéal pour l'autoréflexion et la transformation de la praxis, la création d'un développement professionnel et l'acquisition d'une maturité en matière de recherche.

Mots clés: *Nature de la science, Connaissance du contenu pédagogique, Recherche-action*

INTRODUCCIÓN

Desde hace décadas, la razón fundamental de la enseñanza de la ciencia es propiciar la alfabetización científica (AC) de la ciudadanía por ser parte esencial de una educación básica (Gil Pérez y Vilches, 2006; Hurd, 1998 y UNESCO, 2021). Aunado a lo anterior, Holbrook y Rannikmae (2007, 2009) y Wolfensberger y Canella (2015) entre otros, aclaran que la conceptualización de Naturaleza de la Ciencia (NDC) es la forma que podemos conjugar en la práctica del aula, las ideas de saber de ciencia y saber sobre ciencia.

Sin embargo, a pesar del tiempo transcurrido se observa con preocupación en reportes como los de la Academia Nacional de Ciencias Norteamericana (National Academies of Sciences, 2015), Bennáassar, Vásquez, Manassero y García-Carmona (2010) y Suwono-Maulidia, Saefi, Kusairi y Yuenyong (2022) que la enseñanza de la ciencia sigue siendo deficitaria. Una evidencia la encontramos en el reporte PISA de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, 2019). En una escala de nivel ascendente de rendimiento valorado del 1 al 5, el 78% de los alumnos con edad de 15 años solo alcanza el nivel 2. En dicho reporte también se menciona la decepción de encontrar, que la mayoría de los países miembros no hayan demostrado un avance significativo con respecto a los valores de rendimiento obtenidos en la primera prueba PISA de fecha 2000.

No cabe duda que el docente es uno de los factores que más influye en el desarrollo de una educación científica de calidad (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Acevedo, 2009; Schneider y Plasman, 2011; Suwono y otros, 2022). Sin embargo, también puede convertirse en un obstáculo cuando su labor está condicionada por una epistemología anclada en la metáfora de la enseñanza como conducto unidireccional, viéndose como

un diseminador didáctico de contenido científico que puede ser transferido de una persona a otra. Este problema fue detectado por Martínez, Pérez, Ojeda y Ascanio (2016) con estudiantes de un programa de Maestría en Enseñanza de la Biología y la Química, constatándose que las ideas que los docentes en servicio poseen sobre la NDC son congruentes con perspectivas positivistas de la misma, las cuales resultaron ser determinantes en su praxis pedagógica observándose el uso excesivo de clase magistral, la memorización de contenidos y la poca participación estudiantil.

Sobre la base de lo anterior, resultó pertinente detenerse a revisar la praxis docente para optimizar la enseñanza de la NDC con futuros docentes. Una propuesta para ello es la conocida como Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) término acuñado a mediados de los 80 por Shulman (2005, 2019) para hacer referencia al pensamiento del profesor y a la integración que debe existir entre el conocimiento que un docente tiene sobre la disciplina y la pedagogía necesaria para hacer la más adecuada y pertinente transposición didáctica del contenido. En este sentido, el estudio se enmarcó en el paradigma interpretativo con un diseño de investigación acción sustentado en algunas proposiciones de (Kemmis, McTaggart y Nixon, 1988; Betancourt, Delgado y Añez, 2016).

En cuanto a la Naturaleza de la Ciencia “*Algo antiguo, algo nuevo...*” son las palabras iniciales que Acevedo, García y Aragón (2017) le dan a su artículo, para referirse a la estrecha relación de la NDC con un constructo curricular, también de vieja data, llamado Ciencia-Tecnología y Sociedad (CTS). Estos autores exponen que la CTS contiene los principios de la NDC, incluyendo además aspectos relacionados con la sociología interna y externa de la ciencia. Por su parte, Lederman (2006) nos señala que desde hace 100 años se está propugnando la enseñanza de la NDC. Su contemporaneidad o importancia actual se debe a que los estudiantes y ciudadanía en general no poseen un adecuado conocimiento sobre la temática (Cobo-Hueza, Abril y Ariza, 2021)

Parece ser que una de las razones se encuentra en la similitud de los constructos NDC y AC, al entenderse erróneamente que el propósito de la AC es solo un aprendizaje del conocimiento científico “per se”; es decir un aprendizaje sobre los procesos y productos de la ciencia independientemente de su dimensión humana. La AC debe

entenderse no solo como el conocimiento de teorías, conceptos técnicos y procedimientos científicos (Holbrook y Rannikmae, 2009; Wolfensberger y Canella, 2015) tal como es tradicionalmente expuesto en los libros de texto. También hay que considerar su naturaleza situada o contextualizada, lo que lleva a un conocimiento meta teórico, cual es la integración entre el conocimiento declarativo de ciencia y el conocimiento reflexivo sobre la ciencia.

De esa manera, los alumnos y ciudadanía en general tendrían una imagen más apropiada de cómo se construye ciencia y cómo se relaciona con sus vidas. Hanuscin, Lee y Akerson (2010) y McComas (2014) expresan que una comprensión adecuada de la NDC ayuda a las personas a convertirse en usuarios conscientes de la información científica, a valorar el sentido socio-científico de los contenidos y participar en la toma de decisiones, considerando a la ciencia como parte de la historia, filosofía y cultura de la sociedad.

Con base a lo antes expuesto, se percibe que la enseñanza de la NDC es una actividad compleja en cuanto se ocupa de la integración de contenidos provenientes de diversos campos disciplinares o dominios de conocimiento. De acuerdo con Lederman (2006) la práctica en el aula del constructo NDC debe conducir entre otras características a comprender: (a) que el conocimiento científico (teorías, leyes, métodos) es tentativo y sujeto a cambio; (b) la falacia de la neutralidad en la observación de los fenómenos y (c) la injerencia de la epistemología personal, imaginación y creatividad del investigador.

En fin, que el conocimiento científico es una construcción sociocultural con todo lo que ello implica en la vida cotidiana. Por su parte, Hurd (1998) explica que la NDC nos ayuda a comprender los beneficios, riesgos y limitaciones en la toma de decisiones relacionadas con la ciencia y que dependiendo del contexto, puede haber más de una respuesta correcta a problemas relacionados con el uso de la ciencia y la tecnología y que la solución socio-científica dada a corto o largo plazo a un problema, puede no tener la misma respuesta.

Otro aspecto interesante ha sido la recomendación de incorporar al currículo la enseñanza explícita y reflexiva sobre NDC, ya que todavía se cree que para aprenderla, es suficiente incrementar en la escuela las actividades científicas como tales.

Wolfensberger y Canella (2015) y Lederman (2006) mencionan que dicha práctica solo conduce al predominio de una concepción empirista de la ciencia. Por explícita se entiende el diseño de actividades que incluyan objetivos directamente relacionados con características como las nombradas en el párrafo anterior. Por reflexiva se entiende el proceso del dialogo argumental entre los estudiantes y entre estos con su docente sobre las experiencias realizadas enmarcado en un paradigma socio constructivista.

El CPC intenta mejorar las formas en las que el docente maneja las ideas sobre la disciplina que enseña, los modos de presentar la información científica escolar y la interacción con los estudiantes para gestar un clima de clase adecuado. Lo anterior implica el desarrollo de un conocimiento base para la enseñanza considerado por Shulman (2005) como el conjunto de conocimientos, destrezas, comprensión, tecnología, ética y disposición para mantener la díada educativa con responsabilidad social y poder representar así mejores escenarios de aprendizaje. En síntesis, se trata de una amalgama que se construye a través de un manejo equilibrado y apropiado de los contenidos y la pedagogía necesaria para enseñar desde cualquier área del saber, pero para el caso que nos ocupa, se sabe muy poco acerca de su utilidad para la enseñanza de la NDC de forma explícita y contextualizada a nivel internacional, nacional y regional.

MÉTODO

El estudio se sustentó en el paradigma interpretativo con miras hacia la comprensión holística de la realidad, utilizando un diseño de Investigación Acción (IA). La naturaleza hermenéutica que se utilizó para interpretar la información permitió hacer un recorrido por una ruta epistémica, en la cual se estableció una relación horizontal e intersubjetiva entre las participantes del grupo de IA durante la fase de diagnóstico, planificación, ejecución y reflexión sobre las diversas actividades de aula. Desde esta vinculación se construyeron las teorías vivientes preconizadas por Whitehead (2009).

En esta investigación se hizo uso de las siguientes técnicas: observación participante y protocolos escritos. Para garantizar que el producto del estudio fuese probo se usaron los siguientes instrumentos para la recolecta de la información: durante la IA de primer orden, ocurrida entre docentes y estudiantes, se realizaron notas de campo por

parte de las docentes y diarios reflexivos, portafolios, informes de laboratorio, dibujos y modelos científicos creados por los estudiantes. Una vez interpretada la información, se asumió presentar los hallazgos de la investigación a través de un texto narrativo evocativo sobre los ciclos de IA ejecutados. Para la IA de segundo orden, se utilizaron las notas de campo y las grabaciones de las reuniones de las docentes miembros del grupo de IA. Los participantes fueron 4 docentes del área de Ciencias Naturales del Departamento de Biología y Química del Instituto Pedagógico de Caracas y sus respectivos estudiantes: 17 docentes en formación en las especialidades de Educación Integral y Biología.

El propósito de la investigación fue optimizar la praxis docente a través del desarrollo de un conocimiento pedagógico de contenido para la enseñanza de la NDC. Esta intención estuvo íntimamente relacionada con la finalidad del estudio que fue producir una mejora en la comprensión de contenidos científicos en los docentes en formación, ya que se cree que el manejo adecuado de visiones actualizadas sobre la NDC podría ser una vía expedita para coadyuvar la alfabetización científica y tecnológica de la ciudadanía; y esto a su vez, pudiera favorecer una mejor enseñanza de la ciencia en los distintos niveles y modalidades educativas.

En este sentido, la IA tal como la entendemos, es un proceso de reflexión crítica en y sobre las acciones planificadas. Frente a ello nos preguntamos: ¿Cómo será la naturaleza del cambio en nuestra praxis docente? Esta pregunta se relaciona con la manera en que se podrían presentar cambios en nuestras creencias, actitudes, intenciones, acciones, valores y supuestos relacionados con nuestra enseñanza de NDC; lo cual nos conduce a buscar respuestas a otras interrogantes: ¿Cuáles serán los indicios que permitirán detectar el desarrollo de nuestro conocimiento pedagógico de contenido? ¿Cuáles serán los indicadores de nuestro desarrollo profesional docente? y por supuesto, la razón de ser de estas preguntas se fundamenta en el deseo de averiguar el efecto de nuestro posible cambio en la concepción de la NDC en nuestros alumnos.

RESULTADOS

El apartado de resultados se inicia presentando los hallazgos de la fase inicial del estudio, durante la cual deconstruimos nuestra praxis docente, logrando concientizar lo

siguiente: Se le daba importancia al manejo de la mayor cantidad de contenido contemplado en el programa. En consecuencia, se hacía énfasis en un academicismo poco funcional y en una formación propedéutica. Por otra parte, se infravaloraba la utilidad de enseñar NDC en los cursos aludiendo como motivo, la falta de interés por parte de los estudiantes sobre este conocimiento o su ausencia en el currículo y cuando se hacía, se enseñaba de forma implícita mientras que, algunas docentes no la abordaban en clase. Ya que la NDC no formaba parte del plan de estudios, evidentemente no se contaba con un mecanismo de evaluación sobre la temática.

Conceptualizar y dialogar sobre NDC como cualquier otro constructo es un proceso argumentativo. En este sentido, eran escasos los espacios para desarrollar competencias argumentativas en los estudiantes. Las planificaciones de clase abordaban en mayor proporción los contenidos conceptuales y procedimentales en comparación con los actitudinales. Pocas veces se proporcionaba una experiencia afectiva y positiva en el aula para favorecer la argumentación científica, lo cual es condición sine qua non para que esto ocurra.

Comprendimos que nuestra formación ha sido producto de un condicionamiento ambiental de larga data que nos hizo asumir ideas, creencias, actitudes y comportamientos de manera irreflexiva impregnando nuestra práctica de ideas del sentido común. Lo anterior, denotó la existencia de obstáculos epistemológicos para la enseñanza de la ciencia.

Planificábamos y ejercíamos la profesión en solitario sin establecer alianzas estratégicas. No se consideraba plantear la labor del docente como un trabajo colectivo permanente de investigación, innovación y toma de decisiones fundamentadas. Suponíamos que lo estábamos haciendo bien y pocas veces dudábamos de nuestra eficacia en la praxis docente.

Una impresión sobre este proceso de conformación del grupo refiere a que no es fácil conformar un grupo de IA con muchos participantes cuando además éstos, son docentes de diferentes disciplinas. Así pues, aunque la NDC es un componente curricular transversal que debería enseñarse en todos los cursos de Ciencias Naturales, tal como lo indican Acevedo (2009), Faikhamta (2013) y Lederman (2006) esto no ocurre puesto

que, el docente considera que la razón de ser de la enseñanza es presentar el contenido de la materia; y por ende, como la NDC no forma parte de éste no se le considera importante. Quizás si el problema a resolver fuera de otra índole, ejemplo: sobre enseñanza y evaluación por competencias sería más sencillo conformar el grupo por ser esto de interés común para todos los docentes.

Otras impresiones relacionadas con la necesidad de autoevaluación expresada por Mellado (2001) son: (a) reconocer las debilidades durante el ejercicio de la profesión no es un proceso natural; y sincerarse al respecto resulta dificultoso sobre todo cuando debe hacerse públicamente, (b) desde el punto de vista emocional es desalentador para el profesional de la docencia mostrarse como un ser errático en la práctica, (c) no se debe crear un grupo de IA si todos los miembros que lo conforman no demuestran un interés genuino por el problema de investigación, (d) es difícil erradicar la idea de que los miembros del grupo de IA son colaboradores de un coordinador o que éstos asuman una postura horizontal en éste. A pesar de que se intentó hacer cambiar esta creencia, esto no fue posible; así como tampoco, se pudo mantener a todos los miembros en el grupo de IA.

En cuanto a la interrogante de investigación ¿Cuál y cómo será la naturaleza del cambio en nuestra praxis docente? He de confesar que, al principio, no se apreciaban con facilidad los cambios en la praxis en todos los miembros del grupo, pero poco a poco se fue observando la presencia de pequeños movimientos comportamentales y actitudinales que daban muestra de disposición de algunas colegas para cambiar las creencias, actitudes, habilidades e intenciones educativas que se venían exhibiendo hasta el momento. Los indicios de CPC que se apreciaron a lo largo del desarrollo de este ciclo de IA en mayor o menor medida, se demuestran en la tabla 1.

Tabla 1

Indicios de Conocimiento Pedagógico de Contenido para la Enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia

Indicios observados
Obtuvimos conocimientos sobre las ideas inadecuadas de los estudiantes acerca de la NDC y el contenido científico de la materia, identificándolos y usándolos como indicadores didácticos en las planificaciones de clase.
Adquirimos conocimientos sobre las estrategias de instrucción más adecuadas para abordar ideas inadecuadas de forma explícita y reflexiva
Recopilamos información sobre la forma en que aprendían nuestros estudiantes y detectamos cuáles eran sus áreas de mayor dificultad
Adquirimos conocimiento sobre el currículo, sus metas y objetivos educativos y sinceramos los planes de estudio en función del contexto y las necesidades formativas de nuestros estudiantes
Examinamos de forma crítica los materiales instruccionales para la enseñanza de las ciencias y dejamos de usarlos de manera intuitiva
Establecimos conexiones entre los aspectos de la NDC presentes en los contenidos científicos del programa y los articulamos de forma apropiada mostrando pericia sobre este particular
Empleamos el enfoque explícito y reflexivo durante los procesos de enseñanza que se desarrollaron en distintos escenarios
Aprendimos a evaluar formalmente los asuntos epistémicos y no epistémicos de la NDC
Permitimos a los estudiantes discutir y reflexionar sobre sus ideas acerca de la NDC, respetando los tiempos para la elaboración de sus respuestas
Hicimos las debidas transposiciones didácticas para cada contenido científico a enseñar, de tal modo que éste resultara amigable, comprensible y de utilidad para el estudiante
Delimitamos y aclaramos, qué y cómo se iba a evaluar e informamos a los estudiantes sobre lo que se esperaba de ellos en cada actividad
Evaluamos de forma diagnóstica, formativa y sumativa durante el proceso de aprendizaje, superando la cultura del examen al honrar la cultura de la evaluación
Generamos espacios para la argumentación científica de los estudiantes y favorecimos sus entendimientos sobre la NDC
Consideramos las ideas inadecuadas de los estudiantes que perduraban en la estructura cognitiva después de las intervenciones pedagógicas; y, proporcionamos escenarios que generaran disonancia cognitiva e inconformidad en éstos; en procura de la construcción de ideas más plausibles
Desarrollamos didáctica específica para la articulación de la NDC a la estructura conceptual, procedimental y actitudinal de los contenidos del curso, mostrando pericia durante la planeación, ejecución y evaluación de la praxis docente.

Lo indicios arriba expuestos muestran el grado de desarrollo alcanzado en cuanto a CPC-NDC. Sin embargo, es necesario reconocer que no es tarea fácil manejar todos estos aspectos en la praxis docente puesto que, como producto del condicionamiento ambiental solemos movernos oscilatoriamente entre el profesor que transita por la vía de la enseñanza tradicional y su vez, incursiona en las nuevas tendencias formativas. Por

ello, aun cuando nuestro marco teórico sea el adecuado y plausible, nuestras acciones en la praxis nos muestran a veces tal como lo señala Whitehead (2009, p. 87) como “auténticas contradicciones vivientes”.

Ya que la congruencia entre teoría y práctica es imprescindible, se procuró que durante la fase de implementación de un CPC-NDC el accionar propendiera a mejorar nuestra dinámica de clase. Al comparar la antigua praxis con la reconstruida nos percatamos de la presencia de indicadores que dan cuenta de los cambios que se generaron en ella. Los mismos se extrajeron de testimonios dados por las docentes. A continuación, se citan algunos de ellos.

“...si han habido cosas buenas, veo que los estudiantes ahora se interesan, les gusta mucho las actividades prácticas y, como tú me hacías reflexionar, me gusta el asombro que veo en ellos y manifiestan que esas cosas no las sabían...” (D-2, Segundo Ciclo de IA)

“...ahora veo como que vienen a la expectativa sobre ¿qué vamos a hacer hoy? y eso me motiva a mejorar. Luego, al final en las clases ellos siempre me dicen que mi clase les gusta y no los aburre...” (D-1, Primer Ciclo de IA).

“...Un cambio, pues he visto mayor participación de los estudiantes en el sentido de que, aunque a veces les cuesta hablar, es un grupo que por lo general está interesado (no todos) pero si hay una mayoría que se interesan en hacer buenos trabajos y sus productos son de calidad...” (D-2, Segundo Ciclo de IA).

“...Mis alumnos mejoraron su rendimiento académico sustancialmente. Ahora, entienden lo que se les enseña y son capaces de argumentar por sí solos sin que yo los conlleve a ello. Ya no tengo tanto fracaso en aula, participan más, están motivados, no faltan a clase y valoran lo que modelo para ellos. Siempre hay uno que otro que sigue siendo un poco irresponsable pero ya no es algo que vea en la mayoría. Me gusta mi nuevo clima de clase es más humano...” (D-1, Segundo Ciclo de IA).

Al leer testimonios como éstos y procesarlos con el análisis temático se extrajeron los indicadores que se presentan en la tabla 2.

Tabla 2

Indicadores de cambio de la praxis docente

Indicadores de cambio
Mejoró la comprensión de los contenidos científicos al abordarlos articuladamente con los contextos de NDC
El porcentaje de aplazados se redujo considerablemente (40%)
Los estudiantes construyeron ideas adecuadas sobre la NDC y mejoraron su actitud hacia la ciencia
Aumentó el promedio académico por curso en la Cátedra de Ciencias Naturales
Mejoró el nivel de asistencia, así como, la puntualidad a la hora de entrada y la entrega de las asignaciones
Aumentó la motivación y el interés de los estudiantes por asistir a las clases de Ciencias Naturales
Mejoró la participación estudiantil, la formulación de preguntas, inquietudes e intereses de investigación
El clima de clase comenzó a ser ameno y dinámico

La enseñanza de las ciencias naturales es una labor difícil, pues al docente le corresponde conocer los contenidos a enseñar, su naturaleza, los problemas frontera, saber enseñar y evaluar la ciencia escolar; así como, saber hacer las debidas transposiciones didácticas para cada audiencia y nivel etéreo. La experiencia laboral no es garante de una praxis de calidad, pues en ocasiones los docentes pueden verse afectados por una fuerte disociación entre teoría y práctica, un pensamiento inadecuado sobre la enseñanza o una predisposición para no revisar su práctica. Finalmente, es necesario confesar que no todos los miembros del grupo de IA lograron desarrollar un CPC-NDC, por las razones expuestas en apartados anteriores. Esto nos hizo preguntarnos ¿cuáles fueron las razones que dificultaron el desarrollo profesional en todos los miembros del grupo, para implementar un CPC-NDC?

Desde el punto de vista general, las razones identificadas fueron las siguientes: (a) conflictos cognitivos generados por la confluencia entre visiones discrepantes sobre la NDC, (b) poca disponibilidad de tiempo para abordar en paralelo el CPC-NDC y atender la metodología de IA, (c) creencias arraigadas sobre la necesidad de cubrir todos los contenidos programáticos, (d) infravaloración de la NDC por no estar explicitada en el currículo, (e) el desconocimiento de las finalidades de la enseñanza de la NDC, (f) resistencia del docente a las reformas e innovaciones educativas, (g) inexperiencia y falta de confianza para gestionar el trabajo de aula bajo los lineamientos del CPC-NDC.

Así como, (h) codependencia de colegas para el diseño de materiales y la administración del pensum bajo los preceptos de la NDC, (i) desmotivación del personal docente al observar actitudes negativas en los estudiantes, (j) agotamiento al implementar tantos cambios en paralelo, (k) la baja remuneración salarial en contraposición con el esfuerzo que representaban los cambios, (l) la crisis socio-política y económica del país, (j) los problemas de transporte para trasladarse y asistir a las reuniones, (k) el clima de inestabilidad en el país, (l) la inseguridad personal, (m) los problemas personales, (n) las diferencias entre miembros de grupo.

Esto a su vez decantó en una serie de razones específicas que dificultaron el empleo exitoso de un CPC-NDC, las cuales se enumeran a continuación: (a) poca familiarización acerca de la NDC como meta conocimiento y sus particularidades epistémicas y no epistémicas, (b) la tendencia tácita a mostrar la ciencia como producto y no como proceso, (c) la resistencia para abandonar el enfoque implícito para la enseñanza de la NDC y asumir el explícito y reflexivo de forma perenne, (d) dificultad para establecer conexiones entre diversos aspectos de NDC y los contenidos científicos, (e) la existencia de un discurso monológico en clase y la promoción de la memorización de contenidos conceptuales, (f) escasa familiaridad del docente con estrategias de evaluación más eficaces para favorecer la enseñanza de la NDC, (g) las emociones ambivalentes que afectan al docente y lo hacen vulnerable en clase, (h) dificultad manifiesta para observarse como objeto-sujeto de la investigación y enseñar a la vez.

Estos resultados encuentran apoyo en el trabajo elaborado por Mellado (2001) en el cual se reportan algunos obstáculos similares a los detectados en esta investigación. Por ende, a los profesores de ciencias naturales les cuesta mucho cambiar sus concepciones por los antecedentes formativos que tienen y la existencia de concepciones epistemológicas inadecuadas sobre la ciencia y su enseñanza. Estas afirmaciones de conocimiento encuentran apoyo en nuestros hallazgos puesto que, pudimos apreciar la presencia de los siguientes factores que impidieron el desarrollo profesional de todos los miembros del grupo y resultaron ser agravantes: (a) la tendencia del docente a trabajar en solitario y aislarse de los grupos profesionales, (b) las actitudes inapropiadas para la enseñanza de las ciencias, (c) la sobreestimación de la experiencia laboral.

Al respecto, se considera necesario combatir la falsa creencia de que el mundo académico puede funcionar sobre la base de fuerzas separadas y desconectadas entre sí. Es fundamental instaurar un pensamiento sistémico que permita, reconocernos como parte de un sistema que nos necesita como observadores holísticos del fenómeno y no como entidades aisladas. Creemos que es hora de sacar el espejo y empezar a ver nuestros puntos ciegos y develar los modelos mentales que nos apresan y esclavizan de forma permanente.

No podemos permitir que ocurra lo que se define como una mala adaptación a las amenazas crecientes y terminar siendo los protagonistas de la parábola de la rana hervida al habituarnos paulatinamente a los cambios lentos y graduales que amenazan la supervivencia de nuestra organización educativa. Por ello, insistimos en seguir luchando, para seguir aprendiendo y enseñando mejor lo que nos corresponde. En nuestro caso, es la ciencia y su naturaleza. En otros puede ser el arte, la música, la historia o la geografía, pero lo importante es hacerlo bajo una visión sistémica.

En la tabla 3 se presentan algunas visiones actualizadas de la NDC que emergieron producto de la IA. La implementación sistemática de un CPC-NDC generó en los docentes nuevos saberes y experiencias, que podrían llegar a considerarse como un nuevo camino a transitar para los profesores de Ciencias Naturales.

Tabla 3

Ideas novedosas para la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia

Un Nuevo camino para la Enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia
La NDC debe ser enseñada abordando los asuntos epistémicos y no epistémicos de forma longitudinal
La enseñanza de la NDC debe mostrar equilibradamente las dos dimensiones de la ciencia: como proceso y producto
Emplear el enfoque explícito y reflexivo conjuntamente con andamios de argumentación científica
La NDC es un meta conocimiento que debe permear el currículo de Ciencias Naturales y ser visto como un aspecto más de la materia. Solo de esta manera se podrá favorecer la alfabetización científica de la ciudadanía
Un profesor de Ciencias Naturales debe conocer la materia que enseña, tener ideas adecuadas sobre su naturaleza y suficiente conocimiento pedagógico para articularla adecuadamente al currículo
El desarrollo de un CPC-NDC es posible cuando se realiza sobre la base de una investigación acción
Evaluar formalmente la NDC generando una retroalimentación oportuna con nuestros estudiantes

Durante la enseñanza de la NDC se debe propender a: (a) Favorecer la comprensión de contenido conceptual, procedimental y actitudinal sobre la ciencia y su naturaleza equilibradamente, (b) crear un clima de clase afectivo, emotivo y democrático donde se establezcan relaciones horizontales entre el docente y los estudiantes

Abrir la caja negra de la NDC y verificar qué hay dentro para saber qué hacer con ella.

Dudar permanentemente de la praxis e ir al aula con el currículo como hipótesis

Crear comunidades de práctica que permitan incrementar el saber pedagógico, mejorar la enseñanza de la NDC y reivindicar la carrera del docente

Algunas de las sugerencias antes expuestas son similares a las postuladas por Acevedo (2009), Acevedo, García y Aragón (2017), Faikhamta (2013), Furman y De Podestà (2009), Gil y Vilches (2006), Hanuscin, Lee y Akerson (2010), Shulman (2005, 2019). Por otra parte, modifican sustancialmente lo propuesto en investigaciones previas (Martínez, Pérez, Ojeda y Ascanio, 2016; 2017) en las cuales llegamos a suponer que el enfoque implícito era suficiente para favorecer un mejor entendimiento de la NDC.

En consecuencia, un profesor de ciencias que desee exhibir un desarrollo profesional docente con sello de calidad tendría que: a) Conocer a profundidad la disciplina científica que enseña, así como, su naturaleza articulando con pericia ambas dimensiones en los contenidos programáticos; b) Construir conocimiento pedagógico de contenido para hacer las debidas transposiciones didácticas del contenido científico considerando los aspectos epistémicos y no epistémicos de la NDC.

Lo anterior, permitirá demostrar que el conocimiento del profesor es específico de dominio y que se sustenta en la pedagogía de la firma promulgada por Shulman (2005, 2019). Si deseamos reivindicar la carrera del docente debemos demostrar que hay un modo particular para enseñar en cada disciplina y para esto se requiere, que aprendamos a ser miembros de nuestra profesión, que pensemos y actuemos como formadores de formadores y no como biólogos, químicos o físicos puros.

Creemos que lo anterior se resume en lo siguiente, como educadores debemos tener una estructura clara y precisa sobre una pedagogía distintiva. Es decir, estamos encargados de formar a docentes en ciencias naturales y no, a científicos que egresaran con título de profesores. Por ello, es necesario que exista coherencia entre, las creencias del enseñante, sus actitudes y habilidades mientras enseña y el perfil del tipo de profesional que forma. A este fenómeno se le llama pedagogía de la firma y creo que

nosotras logramos desarrollar nuestra firma pedagógica, la cual se traduce en los siguientes aportes teóricos sobre el desarrollo profesional docente (ver tabla 4).

Tabla 4

Aportes teóricos sobre el desarrollo profesional docente

Aportes teóricos
Nos convertimos en investigadoras asiduas y críticas de nuestra praxis docente a través de la investigación acción Valoramos nuestro saber pedagógico y aprendimos a reconstruirlo permanentemente Nos convertimos en lectoras y consumidoras de investigaciones educativas, con miras a mejorar de forma permanente nuestra práctica Aprendimos a realizar acompañamientos formativos y oportunos a nuestros estudiantes humanizando la relación alumno-currículo-docente Desarrollamos pericia para llevar el currículo al aula y generar con éste, auténticos experimentos sociales Reconocimos al aula como un auténtico laboratorio de problemas educativos y valoramos a la investigación acción como vía para probar soluciones Entendimos la importancia de nuestro rol como docentes investigadoras en la Cátedra, el Departamento y la Universidad y valoramos nuestros aportes para la transformación de la sociedad Aprendimos a dudar de nuestra praxis y a someterla a procesos de revisión, reflexión, acción y evaluación para generar así aprendizajes de doble recorrido Mejoramos nuestras creencias acerca de la enseñanza y la evaluación durante el proceso de aprendizaje Aprendimos a construir teorías educativas vivientes sobre la base del análisis de nuestra influencia educativa sobre nuestro accionar Nos convertimos en docentes autoeficaces con saber práctico. Esto se tradujo en un grado de independencia y efectividad en cada una Nos mostramos como escritoras productivas durante la elaboración de los diarios de campo y aprendimos a extraer información de interés de ellos Aprendimos a valorar el aprendizaje experiencial como fuente de saber para autoevaluarnos, comprendernos, aceptarnos y reflexionar sobre el ejercicio de nuestra profesión Aprendimos a identificar las teorías implícitas irrigadas nuestra praxis docente y a ser conscientes de las contradicciones que teníamos entre teoría y práctica Aprendimos a transformar nuestra praxis docente y a emanciparnos como profesionales liberándonos así del locus de control externo manejado por otros investigadores Nos habituamos a investigar desde el “yo conmigo” y el “yo contigo” y esto, contribuyó con el desarrollo de competencias investigativas

En este sentido, creemos haber seguido el modelo de cambio gradual o evolutivo del docente, propuesto por Mellado (2001), el cual está fundamentado en la investigación de situaciones problemáticas de enseñanza y aprendizaje. Al respecto, investigamos

nuestro problema y todos aquellos que iban emergiendo, lo cual es compatible con la filosofía de Laudan, quien defiende un modelo pragmático de la ciencia como vía para la resolución de problemas.

Para ello tuvimos que estudiar las siguientes dimensiones humanas observándonos y sobreponiéndonos ante ellas: (a) la emocional, para superar el miedo al cambio y generar sentimientos de confianza y seguridad, (b) la física, para soportar el agotamiento que produjeron los cambios y poder sobreponernos. (c) la profesional, para honrar el éxito con humildad y valorar la eficacia de las nuevas estrategias, (d) la moral, para evitar recurrir a viejas prácticas por ser éticamente inapropiado, (e) la social, para aprender a valorar las aportaciones del trabajo de equipo, tolerar las diferencias y transformar la docencia.

Hasta aquí se ha presentado lo relacionado con la IA de primer orden entendiéndola como los procesos y resultados de la investigación como tal. Al respecto, es pertinente aclarar que, debido al espacio normado de un artículo, fue necesario limitar lo referente a los recipientes del proceso, los docentes en formación. La IA de segundo orden remite a exponer el aprendizaje, el cambio conceptual en los responsables de las acciones (el grupo de IA). En este sentido y con la restricción de espacio ya dicho, siguiendo a Whitehead (2009) me circunscribiré a describir mi teoría viviente. Este autor resalta que la teoría tradicional explica relaciones entre variables mientras que la teoría viviente, es el individuo quien genera sus propias explicaciones de lo sucedido.

Durante mi etapa formativa solía pasar gran cantidad de tiempo en un escenario tradicional como estudiante pasivo frente a un docente activo, emisor, dueño de la verdad, cuestionador y evaluador. Este acto se nos ha repetido una y otra vez a lo largo de nuestra línea biográfica y por ello, hemos sufrido un acondicionamiento ambiental que nos hizo suponer con naturalidad que esto, era lo apropiado y de este modo, fui aceptando acríticamente las ideas de sentido común que se tienen sobre la enseñanza. La consecuencia de esto se traduce en la proyección que hemos hecho como docentes de las vivencias de enseñanza observadas durante nuestra época como estudiantes.

La mayor parte de los docentes se sienten cómodos con su trabajo y creen que están haciéndolo bien. Después de todo, lo que se piensa es que hay que estar

preparados para abordar el contenido programático con estrategias adecuadas y ofrecer ayuda a los estudiantes a través de la evaluación. Se comienza a planificar los procesos de enseñanza y aprendizaje y se suelen imitar comportamientos y actitudes de algunos profesores implicados en nuestra formación.

Solemos actuar bajo el efecto de la neurona espejo. Pero con un adecuado desarrollo profesional disponemos de mayor criticidad para la toma de decisiones y reflexión sobre la acción. Comenzamos a descartar las actividades que no resultan satisfactorias, tratando de mejorar o crear otras y en cierta manera, nos alejamos del espacio de la incumbencia personal y nos ocupamos del espacio de la existencia del otro. Parece entonces, que es condición *sine qua non* investigar nuestra praxis para poder desarrollarnos profesionalmente y alcanzar la categoría de docente experto; la cual no se adquiere tratando de investigar a otros sin haberse investigado a uno mismo.

La investigación desplegada con el grupo de Investigación acción, me permitió comprender que los pensamientos y creencias que un docente tiene sobre la praxis influyen en su accionar diario y que su visión normativa sobre la enseñanza depende del tipo de sociedad con la que desea contribuir. Con esta experiencia entendí que los modelos epistemológicos sobre la enseñanza que tiene cada docente son marcos explicativos que no cambian fácilmente aun cuando puedan sentir insatisfacción con ellos. Por esta razón, reconozco el valor y la pertinencia que tiene la investigación acción como metodología para favorecer el autoestudio del profesor universitario y su mejoramiento como profesional.

En concordancia con lo anterior, con esta experiencia me dispuse a poner mis creencias en revisión, y comenzar a desligarme de las ataduras teóricas que nos preconizan como profesionales aptos para la docencia. Al respecto, tenemos que decir que el título universitario de profesor no es garantía de saber enseñar bien. Para lograr esto último, es necesario construir saber pedagógico y tener una base de conocimientos sólida que permita demostrar que, solo los que entienden sobre la enseñanza pueden enseñar. De este modo, podremos ostentar una firma pedagógica acorde con nuestra profesión tal como lo afirmó Shulman (2005)

Lo anterior, implica comprender y aceptar con humildad que estamos formando a profesores que van a enseñar la ciencia escolar en las áreas de la física, química, biología, ciencias naturales y no, a físicos, químicos, matemáticos o biólogos puros. Entiendo que ello, puede ser difícil de aceptar y que algunos lectores podrán apoyarnos, mientras que otros discreparán; pero creemos que, en la UPEL es necesario exhortar a nuestros colegas a investigar su propia praxis para poder velar por la congruencia entre, lo que hacemos y la misión y visión de una Universidad Pedagógica que se encarga de formar a los maestros de la nación y no, a los especialistas de los distintos campos de las ciencias fácticas.

Haber hallado el paradigma perdido de los programas de investigación que Shulman (2019; p. 276) lo identifica con preguntas tales como: “¿cómo el conocimiento que el profesor tiene de la materia se transforma en un contenido de enseñanza? o si una determinada manera de plantear ese contenido tenía relación o no con lo que los estudiantes aprendían o interpretaban mal”.

Comprender la influencia del CPC en los procesos de enseñanza ha sido un gran reto. Por ello, nos dispusimos a ir más allá de la mente del pedagogo y avocarnos a investigar una dimensión olvidada por el conocimiento pedagógico de contenido original: el accionar pedagógico.

Para lograr este cometido, nos insertamos en una espiral creciente de investigación y acción, con la cual superamos las limitaciones originales del conocimiento pedagógico de contenido, atendiendo y valorando las emociones, sentimientos y motivaciones que sostienen al docente durante la práctica docente, sin olvidar que, los pensamientos que éste construye también son importantes. Nos dimos cuenta de que es cierto lo que Whitehead (2009; p. 87) decía, que debemos reconocer que somos “una contradicción viviente en el escenario educativo”. Por ello, elegimos de ahora en adelante, dudar sobre nuestra praxis; no para sentirnos inseguros o mostrarnos vulnerables, sino para revisarnos y transformarnos de forma permanente.

A través de esta investigación se generaron auténticos procesos de autorreflexión, revisión y retroalimentación. Como consecuencia de ello, pude aproximarme al escenario de clase de una forma más humanizada y empática pensando más en el otro y no tanto,

en sí mismo. Ahora, valoro y reconozco la importancia del componente afectivo en la dinámica que se establece entre docentes y estudiantes y de la influencia de las emociones sobre los procesos de aprendizaje. Se logró efectuar una ruptura epistemológica que me separó paulatinamente del enfoque tradicional de enseñanza.

Finalmente, durante este tránsito epistémico contribuí con una alfabetización científica y tecnológica de índole multidimensional, al promover en mis estudiantes nuevos esquemas conceptuales, procedimentales y actitudinales sobre la NDC. Declaro abiertamente haber retirado mi apoyo a la visión propedéutica propugnada por las instituciones educativas, y ser ahora, adepta y fiel creyente de la visión formativa patrocinada por los expertos en enseñanza de la ciencia.

En este sentido, la investigación acción queda abierta y dará origen a otros estudios que propendan a solucionar las problemáticas que emergieron durante el proceso final de los ciclos. La experiencia resultó ser muy enriquecedora aun cuando vivimos sus altibajos. Gracias a ella, aprendimos a enseñar mejor la naturaleza de la ciencia y comprender su significado en la alfabetización científica de la ciudadanía.

Por último, ya que la investigación acción es un proceso cíclico, donde la reflexión crítica de un ciclo, abre la puerta a nuevo ciclo y sucesivamente, parece incongruente que una experiencia de este tipo de pesquisa contenga un apartado de **conclusiones**.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declararan que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

- Abd-El-Khalick, F. y Lederman, N. (2000). Improving Science Teachers' Conceptions of Nature of Science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665–701.
- Acevedo, J. (2009). Enfoques Implícitos versus Explícitos en la Enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 355-386.

- Acevedo, J., García, A. y Aragón, M. (2017). *Enseñar y Aprender sobre la Naturaleza de la Ciencia mediante el Análisis de Controversias de Historia de la Ciencia: Resultados y conclusiones de un proyecto de investigación didáctica*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura: España.
- Bennásar, A., Vásquez, A., Manassero, M. y García-Carmona, A. (2010). *Ciencia, Tecnología y Sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la naturaleza de la ciencia y tecnología*. Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI.
- Betancourt, C., Delgado, M. y Añez, E. (2016). La Investigación Acción como Estrategia para el Desarrollo Profesional Docente: Una experiencia en enseñanza de la química. *Educab Revista de Educación*, 7 (7), 5-21.
- Cobo-Huesa C., Abril A. y Ariza, M. (2021). Investigación basada en el Diseño en la Formación Inicial de Docentes para una Enseñanza Integrada de la Naturaleza de la Ciencia y el Pensamiento Crítico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18 (3), 15-35.
- Faikhant, C. (2013). The Development of In-Service Science Teachers' Understandings of and Orientations to Teaching the Nature of Science within a PCK-Based NOS course. *Science Education*, (43), 847–869.
- Furman, M. y De Podestá, M. (2009). *La Aventura de Enseñar Ciencias Naturales*. Aique: Buenos Aires.
- Gil Pérez, D. y Vilches, A (2006). Educación Científica y Alfabetización Científica: Mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 31-53.
- Hanuscin, D., Lee, M. y Akerson, V. (2010). Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge for Teaching the Nature of Science. *Science Education* (95). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/sce.20404>
- Hurd, D. (1998). Scientific Literacy: New minds for a changing world. *Science Education*, 82 (3), 407-416
- Holbrook, J. y Rannikmae, M. (2007) The Nature of Science Education for Enhancing Scientific Literacy. *International Journal of Science Education*, 29 (11), 1347-1362
- Holbrook, J. y Rannikmae, M. (2009) The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4 (3), 275-288
- Kemmis, S., Mc Taggart, R. y Nixon, R. (1988). *The Action Research Planner* (3a.ed.). Geelong: Deakin University.
- Lederman, N. (2006) Research on Nature of Science: Reflections on the past. Anticipations of the future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1), 101-132.
- Martínez, M., Pérez, M., Ojeda, E. y Ascanio, A. (2016). Visión Epistemológica de la Ciencia en la Praxis Pedagógica: un estudio longitudinal con docentes de las maestrías en Enseñanza de la Biología y la Química. *Revista de Investigación*, 40 (89), 123-138.
- Martínez, M., Pérez, M; Ojeda, E. y Ascanio, A. (2017). Visión epistemológica de la ciencia que prevalece en la praxis pedagógica de docentes cursantes de las maestrías en enseñanza de la biología y en enseñanza de la química un estudio longitudinal. *Revista de Investigación*, 42(93), 37-53
- McComas, W. (2014) Keys to Teaching the Nature of Science. *The Science Teacher*, 71(9), 24-27

- Mellado, V. (2001) ¿Por qué a los Profesores de Ciencias nos Cuesta Tanto Cambiar Nuestras Concepciones y Modelos Didácticos? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 40, 17 – 30.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2015). *Science Teachers' Learning: Enhancing opportunities, creating supportive contexts*. Washington, DC: The National Academies Press
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico-OECD (2019). *PISA 2018. Results (Volume I): What Students Know and Can Do*. OECD Publishing, Paris
- Schneider, R. y Plasman, K. (2011). Science Teacher Learning Progressions: A review of science teachers. *Review of Educational Research*, 81(4), 530-565
- Shulman, L. (2005). Conocimiento y Enseñanza: Fundamentos de la nueva reforma. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9, 2. Traducción del original: Knowledge and Teaching. *Harvard Educational Review* 1987, 57(1), 45.
- Shulman, L. (2019). Aquellos que Entienden: Desarrollo del conocimiento en la enseñanza. *Revista de Currículum y Formación del Profesorado*. 23(3) 269-295. Traducción del original: Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher* 1986, 15(2), 4-14
- Suwono, H., Maulidia, L., Saefi, M., Kusairi, S. y Yuenyong C. (2022). The Development and Validation of an Instrument of Prospective Science Teachers' Perceptions of Scientific Literacy. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18 (1), 1- 16.
- Whitehead, J. (2009). Generating Living Theory and Understanding in Action Research studies. *Action Research*, 7 (1), 84-99.
- Wolfensberger, B. y Canella, C. (2015) Cooperative Learning about Nature of Science with a Case from the History of Science. *International Journal of Environmental & Science Education*, 10 (6), 865-889.