



RE(CONOCIMIENTO) DE LA DISCIPLINA A PARTIR DE EJERCICIOS METACOGNITIVOS EN LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE FÍSICA

Re(Cognizing) the Discipline from Metacognitive Exercises in the Education of Physics Teachers

OLGA L. CASTIBLANCO, DIEGO VIZCAÍNO

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

KEY WORDS

*Didactics of physics
Disciplinary dimension
Teacher's education
Re(cognizement) of physics
Epistemology
Philosophy and history of physics*

ABSTRACT

We present results from developing a proposal to teach didactics of physics in an undergraduate program of teachers' education. The main objective was to educate them for re(cognizing) their physics knowledge based on metacognitive exercises. It was developed in a public university in Bogota city through a research/intervention. Data were analyzed using content analysis techniques in three phases; pre-analysis, categorization, and interpretation. Thematically contents were organized from history, epistemology, and philosophy. We observed language enrichment about physics, as much as arising of reflections that evidence perspectives evolution in their ways of thinking the physics and teaching physics.

PALABRAS CLAVE

*Didáctica de la física
Dimensión disciplinar
Formación de profesores
Re(conocimiento) de la física
Epistemología
Filosofía e historia de la física*

RESUMEN

Presentamos resultados de una propuesta para la enseñanza de la didáctica de la física en un programa de formación de profesores de una universidad pública de Bogotá. El objetivo fue educarlos para el re(conocimiento) de su saber disciplinar a partir de ejercicios metacognitivos mediante una investigación/intervención. Los datos fueron estudiados mediante análisis de contenido en tres fases; pre-análisis, categorización e interpretación. Los contenidos temáticos fueron organizados a partir de la historia, epistemología y filosofía. Observamos enriquecimiento el desarrollo de reflexiones que evidencian evolución en la forma como piensan la física y la enseñanza de la física.

Introducción

Partimos del presupuesto de que el futuro profesor de física debe ser formado en criterios que les permitan re(conocer) la física que saben, en el sentido de reflexionar y tomar consciencia de la capacidad que tienen para la comprensión y la explicación de conceptos. Lo cual no necesariamente se construye automáticamente, ni espontáneamente a partir del aprendizaje de la física en los cursos tradicionales, sino que debe ser educado.

Tomamos como punto de partida la propuesta de Nardi y Castiblanco (2014) en donde se proponen tres dimensiones de desarrollo en la formación para la enseñanza de la didáctica de la física, una dimensión referente al dominio del contenido científico (dimensión disciplinar), una referente a la puesta en contexto del conocimiento enseñado (dimensión sociocultural) y una referente al enriquecimiento de la interacción en el aula (dimensión interaccional). En este trabajo nos centraremos en la Dimensión Disciplinar.

Esta investigación la desarrollamos en las fases: (1) diseño de una propuesta de curso de didáctica de la física con duración de 96 horas de clase, cuyo objetivo principal fue lograr el re(conocimiento) de la física por medio de ejercicios de tipo metacognitivo, (2) puesta en práctica en un grupo de séptimo semestre (cuarto año) del programa de Licenciatura en Física de una universidad pública de la ciudad de Bogotá, Colombia, (3) toma de datos mediante registros escritos por los estudiantes, construcción de texto y análisis de contenido.

Marco teórico

Dimensión disciplinar de la Didáctica de la Física

De acuerdo con (Nardi & Castiblanco, 2014) y (Castiblanco, 2013) la dimensión disciplinar de la Didáctica de la Física estudia los procesos mediante los cuales el maestro re(conoce) el conocimiento que tiene sobre la Física. Consideramos que la calidad de la enseñanza que imparte el profesor de Física, así como su autonomía intelectual, aumenta en la medida que aumenta la capacidad de (re)conocimiento de su saber de la Física. Quiere decir, que además de que el maestro aprehenda una serie de conocimientos específicos que vienen de los modelos establecidos por la comunidad científica, el profesional de la enseñanza de ese conocimiento debe reconstruir su propio discurso sobre la ciencia que sabe, para poderla explicar, teniendo cuidado de no perder el rigor científico y de no contradecir los modelos que pretende explicar, por lo tanto debe prepararse para definir

el lenguaje con el cual habla de la ciencia acorde con sus propias maneras de expresarse.

La pregunta que surge en esta perspectiva es ¿cómo se le enseña al maestro a re(conocer) su propio saber disciplinar? Según (Castiblanco & Nardi, 2015) este proceso se puede desarrollar a partir del estudio de la Física desde su Historia, Filosofía y Epistemología con base en ejercicios de tipo metacognitivo, ya que al estudiar la física desde diferentes perspectivas se propicia la auto identificación de esquemas explicativos y se genera en el maestro problemas relacionados con su propia comprensión de “los problemas de la Física”, “los modelos”, “la naturaleza de los conceptos”, “los observables”, entre otros aspectos que se acostumbra a imaginar sobre entendidos, pero que de hecho son altamente complejos e influyen las estrategias metodológicas para la enseñanza.

Procesos metacognitivos en la formación de profesores

La metacognición esencialmente significa la cognición de la cognición, de acuerdo con Papaleontiou-Louca (2008) enseñar la metacognición consiste en “educar aprendices independientes que puedan controlar su propio aprendizaje y aprender como aprender durante su vida”¹, esto respecto a los procesos mediante los cuales aprende algo pero también en relación al conjunto de conocimientos que cree tener.

Para desarrollar esta habilidad el sujeto debe aprender, por ejemplo, sobre cómo administrar su memoria, como tomar consciencia de su propio proceso de aprendizaje, como desarrollar estrategias de profundización en ciertos temas, como evolucionar su lenguaje, como autoevaluarse, entre otros. Es decir, que la persona debe reflexionar sobre todo aquello que es relevante para su propio desarrollo en una determinada área.

En síntesis, la definición de metacognición ha venido incluyendo, no solamente “pensamientos sobre los pensamientos” como suele ser considerado, sino que trata nociones como: conocimiento sobre el propio conocimiento, procesos y estados cognitivos y afectivos, así como la habilidad de monitorear y regular consciente y deliberadamente su propio conocimiento, procesos y estados cognitivos y afectivos. (Papaleontiou-Louca, 2008, p.3)²

Desde nuestra perspectiva estos son aspectos fundamentales en los cuales se debe educar al maestro para que gane autonomía en su ejercicio profesional. De una parte se debe reconocer que las habilidades metacognitivas para diferentes aspectos de la vida de la persona van apareciendo junto con

¹ Traducido por los autores

² Traducido por los autores

su crecimiento y van madurando con la edad de las personas desde la infancia, con base en las actividades de casa y luego aprendiendo de sus amigos y maestros hasta llegar a la madurez, como lo muestran Marcel, Veenman, Van Hout, & Afflerbach (2006). Sin embargo, es necesario comprender que desarrollar habilidades metacognitivas para un proceso como el aprendizaje de la enseñanza de la física, requiere de estimulación y acompañamiento por parte del profesor formador de profesores.

En esta línea Campanario (2000) apunta que para desarrollar esta habilidad se requiere trabajar en aspectos como la reflexión, autorregulación y evaluación. La reflexión enfocada hacia el reconocimiento de las ventajas, desventajas y posibilidades de las metodologías de aprendizaje del sujeto. La autorregulación como la capacidad del sujeto para encontrar solución a los obstáculos que se puedan presentar en el aprendizaje de un conocimiento particular. Finalmente, la evaluación como la habilidad de establecer sus propios parámetros para reconocer su nivel de aprendizaje de manera consciente y autónoma.

De este modo pensamos que la metacognición en la formación de profesores es pertinente ya que en la medida en que un docente reconoce sus propios procesos de aprendizaje podrá orientar de mejor manera los procesos de aprendizaje de sus alumnos. También (Gustone & Northfield, 1994) concuerda con esta idea cuando plantea enseñar la metacognición en la formación del estudiante profesor, a partir de tres tipos de ideas y creencias; sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje con el rol que desempeñan estudiantes y profesores, sobre el contenido de la disciplina que enseña y sobre las habilidades de sus estudiantes y las propias.

La Filosofía, Historia y Epistemología de la Física como estrategia de estudio de la Física

Seleccionamos estas tres disciplinas como las más pertinentes para desarrollar procesos metacognitivos sobre el conocimiento de la física, considerando los extensos resultados de investigación que hoy existen en la literatura y que apuntan hacia los beneficios de los tratamientos alternativos de los contenidos de la ciencia y sus beneficios cuando se abordan desde la historia, filosofía y epistemología. Trabajos como el de Matthews (1994) y Matthews (2009) demuestran que el tratamiento de estas disciplinas puede humanizar las ciencias, hacer que los estudiantes analicen la construcción de conocimiento científico articulada con aspectos políticos, económicos, éticos y personales, pero además le ofrece al estudiante la posibilidad de expresarse de manera crítica y reflexiva sobre el contenido en estudio, al igual que contrastar con sus colegas sus propias maneras de

construcción del conocimiento científico en una perspectiva de reconocimiento de su propia epistemología.

Además, el área de enseñanza de las ciencias hoy se concibe como un campo necesariamente interdisciplinar, es decir, que por ejemplo el mero conocimiento de la física en torno a sus modelos explicativos de fenómenos, no es suficiente para lograr procesos de enseñanza y aprendizaje de la física, dado que más que adoctrinar en ciertos saberes se trata de formar una cultura científica en el estudiante y esto de acuerdo con Cachapuz, Praia, & Jorge (2002) tiene que ver con análisis de la ciencia desde la historia, filosofía, psicología, sociología y ética, entre otras disciplinas.

En este sentido, asumimos la perspectiva de estos autores con el fin de proyectar la educación de profesores que enseñarán ciencias, desde una faceta interdisciplinar del conocimiento, entendiendo esa interdisciplinariedad como el conocimiento que el profesor desarrolla basado en diversas disciplinas para organizar estrategias de enseñanza a sus estudiantes en una perspectiva moderna y mirando hacia el futuro. En donde al menos desde la academia ya no tienen cabida, por ejemplo, visiones positivistas de la ciencia o visiones del aprendizaje de las ciencias desligadas del contexto.

Metodología de investigación

Asumimos que la formación en Didáctica de la Física debe posibilitar que el licenciado construya su propia identidad con la profesión docente, para lo cual es necesario educarlo para la crítica reflexiva de sus propios conocimientos en torno a la profesión de enseñar ciencias.

Por lo tanto, nuestro problema de investigación es: *¿cómo desarrollar procesos metacognitivos para el re(conocimiento) del saber disciplinar de la física?*

Para resolver este problema diseñamos una investigación cualitativa de tipo intervención en la perspectiva de Denzin y Lincoln (2006) quienes proponen una diversidad de métodos para la investigación activa, en donde la intervención puede tener diversas funciones para el estudio de un fenómeno, siempre en torno de algún tipo de relación participante de los agentes que actúan en el proceso. En nuestro caso, trabajaremos sobre el fenómeno de la formación universitaria para la Enseñanza de la física, especialmente en lo que tiene que ver con lo que hemos denominado la dimensión disciplinar de la didáctica de la física.

El proceso consistió en diseñar una estrategia de intervención con su posterior puesta en funcionamiento. A partir de allí se hizo la toma de datos y el análisis de resultados en torno al nivel de re(conocimiento) de la física por parte de los estudiantes. En este trabajo nos propusimos generar en el estudiante (futuro profesor) una serie de cuestionamientos sobre la física a partir de

diversas dinámicas de interacción en el aula, con el fin de que se enfrentase con situaciones en donde debía dejar claro su nivel de comprensión del tema tanto a nivel individual como colectivo.

Inicialmente, se presentó la propuesta de trabajo a los alumnos haciendo énfasis en que se trabajarían ejercicios de tipo metacognitivo con su respectiva explicación del término y posteriormente se aplicó la propuesta por medio de una secuencia de temáticas. Los ejercicios de interacción en el aula fueron planeados sobre la base de la necesidad de hacer que los estudiantes escribieran sus reflexiones, participaran en debates, socializaran la organización de sus ideas, relacionaran la física con otras disciplinas, elaboraran síntesis y conclusiones de los ejercicios, siempre en torno a contenidos organizados desde la historia, filosofía y epistemología.

Adicionalmente, se hizo énfasis en la producción de consensos frente a los disensos explicativos y el reconocimiento de la diversidad de perspectivas como posibles modos de construir conocimiento acerca de un determinado tema de la física.

Este proceso se cerró con la aplicación de una prueba escrita al final del semestre, para la cual se les pidió a los estudiantes revisar las diferentes actividades desarrolladas con sus respectivos análisis. Así, para esta investigación la toma de datos ocurrió durante el proceso de desarrollo de los ejercicios y en la prueba escrita final en la cual debían describir los ejercicios realizados en torno a la Historia, a la Filosofía y a la Epistemología expresando las respectivas reflexiones desarrolladas en cada uno y las conclusiones que ellos sacaron.

Con esta prueba se buscaba evaluar el nivel de apropiación de las reflexiones hechas en las diferentes actividades, entendiendo que aquello que pudiesen describir ampliamente sería porque les resultó significativo de alguna manera. Además queríamos evidenciar si para la descripción de los ejercicios utilizaban lenguaje puesto en escena en las diferentes reflexiones, así como identificar si recordaban el nivel de análisis al que llegamos en las sesiones, entre otros aspectos relevantes que pudieran surgir en esta declaración escrita de los estudiantes.

Para el análisis de datos se utilizó la técnica de análisis de contenido, que de acuerdo con la perspectiva de Bardin (2002) es un procedimiento desarrollado de manera general en tres etapas. La primera de pre-análisis; allí se organizaron los datos, se construyó el texto a partir de los aspectos expuestos con mayor frecuencia por los estudiantes y se hizo una lectura tratando de identificar lo que podrían ser las categorías de análisis emergentes de sus discursos. En la segunda fase; codificamos los datos para identificar claramente las categorías de análisis con sus indicadores mediante las cuales estudiamos los datos en torno a las características

del problema. En la tercera etapa que fue de inferencia e interpretación; configuramos los resultados para responder a la pregunta de investigación, con la identificación de evidencias que nos permitieran describir la ocurrencia del desarrollo de procesos metacognitivos.

Toma de datos mediante la metodología de intervención

A continuación presentamos los ejercicios desarrollados en la clase para la toma de datos, relatando al final de cada ejercicio los resultados obtenidos en la fase de pre-análisis en donde algunas actitudes y conclusiones de los estudiantes fueron evidentes tanto desde la observación directa de la maestra como en los registros escritos de los estudiantes. Los ejercicios fueron diseñados buscando lograr procesos metacognitivos en torno a su saber de la física pero también en torno a su proyección de ese conocimiento para la enseñanza de la física.

Ejercicios diseñados y aplicados en torno a la Historia, Epistemología y Filosofía de la física

A partir de la Epistemología

El primer ejercicio consistió en entregar una hoja en blanco a cada estudiante para solicitarles que en cuanto la profesora mencionara una palabra ellos representarían en la hoja todo lo que viniese a su mente. La palabra fue "tiempo". Posteriormente se pidió que respondieran en la misma hoja las siguientes preguntas: ¿Cómo sabe que el tiempo pasa?, ¿El tiempo pasa más rápido o más despacio, a veces?, ¿Existe el tiempo sin la existencia del ser humano?, ¿Existe el tiempo sin la existencia del reloj?, ¿Cuál es el tiempo real en la naturaleza?, ¿Cuál es el mejor tipo de reloj?. Luego se hizo una socialización en donde libremente los estudiantes hablaron de sus percepciones.

En general, reconocían que les fue muy difícil responder las preguntas porque no encuentran como hablar del tiempo a pesar de ser un concepto que manejan a diario en el estudio de la Física. Con el fin de contribuir al análisis de la información, les presentamos la perspectiva de Gaston Bachelard en cuanto a los perfiles epistemológicos del concepto de tiempo, que clasifica como realismo ingenuo, empirismo, racionalismo y surracionalismo. Ver más información de estos perfiles en Martins y Pacca (2005). En la siguiente sesión les entregamos una rejilla con indicadores de análisis basados en la teoría de Bachelard, con el fin de que analizaran los resultados de las respuestas dadas, en términos de presencia de cada perfil para cada estudiante y en general para el grupo.

En esta parte, pudimos evidenciar que aprendieron a reconocer sus perfiles epistemológicos en torno al concepto de tiempo, encontramos que se sorprenden de pensar que es un concepto que usan en la gran mayoría de las ecuaciones pero que nunca se habían detenido a pensar sobre qué modelo explicativo están entendiendo el concepto de tiempo para cada fenomenología, por ejemplo, si es relativo o absoluto. En general, quedaron sorprendidos de evidenciar que todos tenían presencia de los cuatro perfiles pero unos con mayor intensidad que otros, sin embargo, la mayor tendencia fue en el perfil de realismo ingenuo y empirismo.

El segundo ejercicio consistió en organizar el curso en un círculo y entregar a cada estudiante una hoja de papel en blanco y una hoja de un árbol, para solicitarles que observaran la hoja del árbol y escribieran una descripción de lo que observaron. Luego rotamos las respuestas de cada uno al compañero del lado con el fin de que leyese la descripción y anotaran aquello que su compañero observó que él no observó, y así sucesivamente hasta que cada quien recibiera su descripción original con las observaciones de todos sus compañeros. Esta parte terminó con una socialización en donde los estudiantes expresaron libremente los aprendizajes con esta actividad. En general, resaltaron que cada quien tiene una forma y unos criterios de observación particulares y que es necesario reconocer la diversidad de pensamiento aun cuando todos estén observando el mismo objeto y hayan aprendido más o menos lo mismo a lo largo de su carrera.

En la segunda parte de este ejercicio se pidió observar un ping pong y describirlo. Para esto, se dispuso de materiales del laboratorio de física como balanza, metro, recipientes con agua, y otros que ellos quisieron solicitar tales como calibrador, mechero, termómetro, esponjas, alcohol. En este caso se les pidió describir lo observado diferenciando claramente las características de lo observado, lo observable y el observador, bajo la orientación de la maestra frente a las dudas que surgían en el desarrollo de la actividad. Finalmente, se propició un diálogo en donde se manifestaron ideas acerca de lo que significa construir un observable en física y planear su respectiva observación. Los estudiantes reflexionaron sobre la diferencia entre ver a simple vista y preparar dispositivos para observar algo, o entre observar desde el sentido común y observar desde un constructo teórico, o entre observar fenómenos con ocurrencia a nivel micro o macroscópico, así como resaltaron la importancia de diferenciar el límite entre lo observado y el observador, con las respectivas características que pueden consolidar un observable, que además puede ser medible o no.

A partir de la Historia

Se organizaron cinco grupos y se les entregó a cada grupo una hoja con información acerca de las representaciones pictóricas, gráficas y conceptuales más conocidas de los modelos de átomo que registra la literatura de la historia de la física, a saber, modelo de Demócrito, Thomson, Rutherford, Bohr y Schrödinger. Se pidió que analizaran la información y elaboraran una explicación de cada uno de los modelos para sus compañeros acudiendo a sus conocimientos y también a información de la internet (se dispuso de computadores). Posteriormente se desarrolló la dinámica del embajador que consiste en que cada grupo nombra un representante que irá por los demás grupos ofreciendo la explicación construida en su grupo y recibiendo comentarios y preguntas. Esta explicación debía hablar sobre las razones por las cuales cada modelo de átomo proponía las respectivas partes del átomo y su distribución en el espacio.

Al finalizar la rotación por grupos, cada embajador retornó a su grupo para socializar su experiencia con el fin de reorganizar su explicación sobre los modelos. El ejercicio terminó con una sesión dedicada a reflexionar sobre las dudas que surgieron al respecto del modelo de átomo. Desde la percepción de la docente investigadora, se observó que en general, los estudiantes mostraron preocupación por el desconocimiento del desarrollo histórico de este tema y la falta de comprensión sobre las razones por las cuales, por ejemplo, asumen la analogía del átomo como un sistema solar pero no comprenden exactamente por qué razón ha de ser así, pero además se les dificulta explicar una diversidad de aspectos, como por qué han de existir espacios “vacíos” entre los electrones y el núcleo, o sobre cómo es que realmente se comportan los electrones al interior del átomo, o cómo es la distribución de los protones o neutrones, o realmente cómo son los orbitales de los electrones, si se pueden imaginar como trayectorias definidas o no.

Para el segundo ejercicio, se preparó un material con nombres de autores que hicieron propuestas en torno a la concepción de naturaleza de la luz y la concepción de calor, a lo largo de la historia. Se pidió a los estudiantes por parejas, elaborar las respectivas líneas del tiempo con la información ofrecida, en donde en el eje horizontal representasen la escala de tiempo y en el eje vertical debían ubicar el lapso de tiempo en que vivió cada uno de los autores. Se pidió analizar el comportamiento del gráfico obtenido. Posteriormente, se les entregó información acerca de los principales aportes que hicieron cada uno de los autores mencionados, invitándolos a analizar la secuencia de elaboración de los conceptos según estos datos.

Percibimos que en la socialización y debate muchos estudiantes manifestaron desconocimiento sobre aspectos como el orden cronológico en que se han desarrollado los conceptos, así como los diferentes paradigmas por los cuales han pasado los diferentes conceptos. Por ejemplo, mezclan indistintamente perspectivas propuestas dentro de diferentes paradigmas como hablar de Newton con base en ideas de Aristóteles.

Algunos creían que los conceptos de calor y temperatura se desarrollaron en momentos diferentes a los conceptos de luz y de gravedad, entre otros. Pero adicionalmente, se propició un debate en torno al efecto de la política, la economía, la religión, la tecnología y otros aspectos socioculturales, sobre el pensamiento de los científicos y el desarrollo de la ciencias. Esto les permitió concluir que la ciencia no es “pura” ni sus desarrollos obedecen a genialidades individuales, sino que son el resultado de una serie de condicionantes diversos, también, que el desarrollo conceptual no es lineal ni va necesariamente de modelos “simples” a modelos “complejos” sino que todos los modelos en sus diferentes épocas fueron complejos.

A partir de la Filosofía

Se trabajó en torno a la pregunta del porqué del por qué. Para ello se organizaron por parejas y se entregó una explicación formulada por algún científico reconocido, en donde se encontraba la respuesta a un por qué. Por ejemplo, la respuesta mecanicista de por qué se caen los cuerpos, la respuesta de por qué los lentes y los espejos convergen y divergen la luz, la propuesta de por qué se dilatan los cuerpos cuando se calientan. El ejercicio consistió en que debían dialogar desde sus conocimientos sobre el por qué estos científicos dieron estas explicaciones.

Posteriormente, se hizo una socialización en grupos de cuatro personas con el fin de que fueran refinando su discurso y finalmente se hizo una reflexión colectiva bajo la orientación de la maestra entorno a la manera como han adquirido o construido su conocimiento de la física y también al impacto que tiene este conocimiento en la planeación estratégica de la enseñanza de la física.

Percibimos que en general, los estudiantes resaltan que sienten la necesidad de afinar su lenguaje para hablar de física, pues usan términos que dan lugar a confusiones o dudas, igualmente concluyen que deben estudiar mejor la física pues consideran que dominan un conjunto de conocimientos de la física pero que requieren comprenderlas con mayor profundidad para poder hablar con propiedad sobre ellas. También encuentran que que no todos los “por qué” son comprensibles, ya que es necesario ubicarse en el contexto de la producción de esas explicaciones.

En la segunda parte de este ejercicio, preguntamos a los estudiantes ¿que es una ley física? el debate mostró que asumen básicamente que las leyes son ecuaciones inmodificables dentro de un cierto modelo explicativo. Posteriormente, se hizo lectura del primer capítulo del libro del filósofo Rudolf Carnap titulado “el razonamiento en física” y se hizo el análisis del capítulo por grupos para luego socializar con todos.

Allí reconocieron que nunca antes habían pensado que las leyes podían ser de diferentes naturalezas y que no todas son leyes universales, algunas se basan en lo empírico pero otras netamente en lo teórico, y algunas solo existen en el plano de lo matemático. Esta toma de conciencia les llevó a ser más cuidadosos cuando intentaban explicar una ley pues ya reflexionaban sobre su naturaleza antes de iniciar la explicación. Posteriormente, se les pidió seleccionar una ley física que conocieran ampliamente y formularan su explicación, lo cual les planteó un reto personal dado que al tomar cuidado con las explicaciones que formulan encuentran necesidad de discutir a fondo con sus compañeros sobre la manera como han comprendido los cursos de física.

Resultados

Las categorías de análisis fueron configuradas teniendo en cuenta que nuestro objetivo era lograr el desarrollo de procesos metacognitivos y por lo tanto los datos debían organizarse en torno a aspectos que caractericen el re(conocimiento) del propio discurso. Tomamos como criterio de organización de las categorías la premisa de que, demostrar dominio del conocimiento disciplinar de la física no es solamente la capacidad de replicar el discurso científico sino que tiene que ver con actitudes y aptitudes para hablar de la física en diversos contextos.

De este modo configuramos las categorías: 1. Reflexiones sobre su propio proceso de aprendizaje, 2. Identificación de estrategias para la profundización autodidacta, 3. Reconocimiento del nivel de dominio de contenidos y 4. Auto evaluación y co-evaluación.

Reflexiones sobre su propio proceso de aprendizaje

Para presentar los resultados a continuación usaremos la letra E seguida de un número para diferenciar las expresiones de cada uno de los estudiantes a quien se le asignó un número, teniendo en cuenta que fueron 21 el total de participantes. Así, las siguientes manifestaciones de los estudiantes identificados con los números 1, 3 y 7, son ejemplo de lo expresado por el 80% de los estudiantes en la prueba escrita.

Ellos resaltan su comprensión sobre cómo han venido aprendiendo contenidos de física sin cuestionarse sobre la posibilidad de observar los fenómenos físicos en estudio, es decir, que la sola organización matemática del fenómeno ya les permite creer que así debe ocurrir. Sin embargo, en este escenario consideran que es importante para ellos aprender a “observar” la naturaleza, lo cual es más que “ver” o entender su representación matemática. Específicamente hicieron referencia a la necesidad que tienen de aprender a distinguir el observador, de lo observable y de lo observado, cuando están estudiando un fenómeno físico, así como la necesidad de aprender a interpretar mejor lo que observan y a construir sus propios esquemas argumentativos para poder defender sus explicaciones. Veamos algunas expresiones.

E7: ...el compartir esa construcción me permite ver que el camino por recorrer debe ser más amplio al momento de observar, distinguir lo observado, los observables y la relación del observador con el objeto o material, son experiencias que me permiten agudizar mis sentidos y el adecuado aprovechamiento de mis habilidades para aportar a la construcción del conocimiento...“ gracias a este ejercicio (observables en un experimento) concluí primero que me falta indagar más objetivamente ... porque no esquematice lo que mis sentidos me permitieron observar, reflexión importante para mí porque un experimento sencillo a simple vista lo volví más complejo de lo necesario...”.

E1: “llegamos a la conclusión de que ninguna respuesta es mala y que lo importante es que cada uno construya su fundamento en la física con base en sus creencias y argumentos que pueda defender”.

E3: “con estos ejercicios (observaciones) se puede evidenciar que existen varias formas de observar, por medio de los sentidos, por destrucción, por abstracción, etc. se evidencia que un fenómeno tiene varios observables con la construcción de un modelo y se debe especificar que observable se va a conocer, también se evidencia que no tenemos muy claros los conceptos físicos y qué tenemos que revisar de manera personal interiorizando los conceptos”

E2: “... al momento de leer todas las apreciaciones en torno a la hoja hechas por los demás que observaron lo mismo que yo, noté que hubo ciertas características que pasé por alto, ejemplo tipo de árbol al que pertenece, pero también otros observadores pasaron por alto algo que yo noté, ejemplo la forma de la hoja, con esto hago referencia a que todos tenemos distintas formas de observar un mismo fenómeno...y nos podemos complementar”

Consideramos este resultado especialmente llamativo si se tiene en cuenta que son estudiantes

que ya están finalizando su carrera de Licenciatura en Física y que aún con todos los conocimientos de física que ya poseen encuentran la posibilidad de reevaluar la manera como “observan” el mundo físico, así como la necesidad de revisar sus creencias y argumentos.

Respecto de los ejercicios en torno a la historia y filosofía, se cuestionaron sobre la importancia de hacerse preguntas diferentes a las que se plantean en una clase tradicional de física. También vieron importante acudir a todo su conocimiento para poder construir nuevo conocimiento propio con el fin de ganar autonomía para proyectarlo hacia los demás. Tomaron conciencia del desconocimiento que tienen sobre los orígenes y el desarrollo de algunos conceptos básicos que saben mencionar e inclusive explicar, pero que al verse enfrentados a producir procesos de explicación empiezan a encontrar que en muchas ocasiones carecen de sentido para sí mismos. Las expresiones de E17 y E15 son ejemplos de ello.

E17: en el debate filosófico sobre responder el por qué a las explicaciones dadas por los físicos, discutimos sobre nuestras respuestas y muchas veces llegábamos a más preguntas que respuestas, de esta forma nos hace generar un conocimiento propio y a través de preguntas podemos construir conocimiento.

E15: la revisión de las líneas del tiempo de los conceptos de luz, calor y gravedad... sin duda alguna sirvió para refrescar nuestra memoria o hacernos leer algo sobre los fenómenos y leyes que repetimos todo el tiempo tal vez sin sentido porque desconocemos su historia.

Es de notar, como ellos empiezan a ver la necesidad de construir sentido a sus conocimientos de la física, ven que es posible re(conocer) lo que ya saben y valorizan a la pregunta como mecanismo de aprendizaje ya que el hecho de formularse preguntas o de responder otras preguntas les obliga a construir argumentos propios. Estas son evidencias de que asumen caminos alternativos para desarrollar sus procesos de aprendizaje en una perspectiva metacognitiva.

Identificación de estrategias para la profundización autodidacta

En este aspecto el 76% de los estudiantes hizo mención explícita a estrategias que estarían dispuestos a asumir en adelante para profundizar en su aprendizaje de la física de manera autodidacta, involucrando la historia, filosofía y epistemología de la física. Por ejemplo, reconocen la importancia de hacer reconstrucciones históricas de los conceptos que se proponen a enseñar como indica E6. Por su parte E15 y E20 hablan de que no es conveniente aceptar las verdades absolutas y que

es importante poder dudar de las teorías desde una perspectiva filosófica.

E6: " al revisar la historia de los modelos atómicos aprendí que la reconstrucción histórica de un concepto sienta las bases para una explicación lógica y coherente que permita mostrar de manera amplia lo que ocurre en un fenómeno físico"

E15: El ejercicio filosófico nos abrió una nueva manera de pensar en leyes físicas al intentar clasificarlas... también aprendimos a no aceptar fácilmente algo como verdadero, a preguntarse porque aceptarlo y plantearle preguntas a las teorías para comprobar su exactitud. También nos planteamos que comprender un conocimiento significa poder explicarlo de una manera clara y sencilla.

E20: "la conclusión que me queda es que debemos construir nuevas maneras de observar para entender más aun lo que pase en nuestro entorno y encontrar nuevas maneras de explicar lo que ocurre a nuestro alrededor"

La principal diferencia con la anterior categoría, es que acá no solamente cuestionan sus formas de aprendizaje actual sino que proyectan futuros procesos para profundizar en su dominio de la física.

Para ello ven en la reconstrucción histórica un camino que les permitirá ampliar su capacidad de descripción y explicación de un fenómeno físico. También, ven la necesidad de revisar las convicciones que les hacen creer que una ley física es verdadera, posiblemente, en adelante reflexionarán sobre las razones que les permiten aceptar la veracidad más allá de la autoridad intelectual que puedan tener los proponentes de la teoría. Para ellos ahora es importante poder formularle preguntas a la teoría más que replicarla irreflexivamente. Adicionalmente, ven posible crear nuevas explicaciones para algo que ya comprenden.

E20: Los conceptos trabajados en torno a las líneas del tiempo nos llevaron a analizar la relación directa que existe entre la ciencia y la época en que ocurre, también la relación entre el cómo se pensaba la ciencia en la antigüedad a partir de análisis filosóficos y en la época moderna a partir de análisis más abstractos basados en las matemáticas actuales.

E18: En el debate filosófico concluimos que hacer filosofía es complicado y no es tan fácil como pensamos, al preguntar el porqué del porqué es difícil responderlo, pero al final se obtuvo una discusión buena llegando a respuestas construidas desde diferentes puntos de vista.

Observamos una modificación en sus percepciones sobre la ciencia en el sentido de que ahora consideran que un conocimiento no se construye solamente a través de la imitación del

discurso hegemónico, sino principalmente en medio de construcciones colectivas. Analizaron por qué a lo largo de la historia ha habido cambios no solamente en la evolución de los conceptos sino que también en el lenguaje con el que se formulan dichos conceptos, sin desconocer que la filosofía sigue jugando un papel importante para construir ideas que den sentido a las explicaciones.

Reconocimiento del nivel de dominio de contenidos

Esta categoría de la metacognición es de suma importancia para el ejercicio docente ya que le da la oportunidad al estudiante, futuro profesor, de reconocer las fortalezas y limitaciones que tiene en su discurso científico, pero no para proponerse a enseñar en lo que es fuerte y ocultar en lo que es débil, sino para tomar conciencia sobre nuevos caminos a recorrer con el fin de consolidar su autonomía intelectual.

E5: ...estudiamos varios modelos de átomo, algunos con ideas un poco extrañas pero innovadoras en su momento, cómo decía Heisenberg "para comprender hay que desligarse de los conceptos antiguos y tratar de construir nuevos con lo que se tiene" esto aplica para nuestro caso ya que pudimos observar que la evolución del átomo se sabía que existía pero no se podía ver, no había ninguna representación pictórica... luego se construyeron el modelo del pudín de pasas, ...y así fuimos viendo que debemos estar siempre en permanente estudio"

Nótese que en este caso hay una toma de conciencia sobre el hecho de que sabían que el modelo de átomo tuvo un desarrollo histórico, pero no podían describir con exactitud en que consistió esa evolución, ni cómo fue que se pasó de un modelo de átomo imaginado como un punto a uno con orbitales o nubes electrónicas y en seguida se proponen a estudiar mas para aprender y tener argumentos para producir nuevos conocimientos.

En general, reconocieron que describir los modelos desde diferentes tipos de representación les ayuda a reconfigurar su conocimiento, como lo sintetiza E21,

E21: al revisar la historia del modelo atómico encontramos que en la antigua Grecia no se concebía la idea de que el átomo estuviera compuesto por otras cosas pues había un límite indivisible. En el modelo de Rutherford se establece que el átomo está compuesto por otras partículas, en el modelo de Bohr se habla de órbitas de los electrones, un núcleo con protones y neutrones, en el modelo de Schrödinger hay un núcleo pero en vez de órbitas tiene nubes de electrones. Esto muestra como el conocimiento avanza con nuevos desarrollos conceptuales que va ligado a nuevos lenguajes y puntos de vista que nosotros debemos estudiar.

Por otra parte, la mayoría de los estudiantes reflexionaron sobre cuanto tuvieron que cuestionar su propio conocimiento. Es decir, que entraron en dudas sobre si lo que sabían era verdad o no, o por lo menos pusieron en evidencia una cierta falta de dominio conceptual. A continuación se presentan ejemplos de este tipo de reflexión.

E17: en el ejercicio en el que discutimos sobre que es una ley física pudimos identificar que hay diferentes tipos, tales como ley universal, matemática, física, empírica y probabilística y pudimos clasificar fenómenos físicos en cada tipo de ley de acuerdo con sus características, así aprendimos a diferenciar cuáles leyes son universales y cuales son hechos singulares y cuestionamos hasta nuestro propio conocimiento.

E21: se realizó un ejercicio en el cual se pedía escoger un experimento, describirlo, explicarlo y argumentarlo, pero cuando hicimos el análisis de lo solicitado como explicación y argumentación nos dimos cuenta de que muchos habíamos cometido el error de poner en la argumentación otra vez la misma explicación o incluso la misma descripción, sabiendo que la argumentación es la justificación de lo que se explica, esto evidencia que al no dominar bien un tema se dan muchas vueltas sobre una misma idea.

E20: a partir de los ejercicios de análisis epistemológico evidenciamos que todos los estudiantes de este curso aún tenemos vacíos conceptuales en lo que concierne a la física.

E15: al realizar el debate filosófico pudimos reconocer la dificultad que tenemos en analizar el contenido y en intentar preguntar algo a partir de una teoría. Como docentes debemos plantearnos estrategias de re(conocimiento) y de diseñar estrategias hacia los demás, a partir de la historia, filosofía y epistemología, siempre reconociéndome a mí y a mis estudiantes.

E3: "... se evidencia en las líneas del tiempo personajes que la mayoría de los estudiantes no conocíamos y que no sabíamos que habían hecho aportes al tema, ya que en el colegio y la universidad muy pocas veces se hace el recorrido histórico para conocer un concepto, más bien lo que se conoce es el autor más nombrado... que se asocia a la definición actual del concepto.

Es de notar que estas reflexiones sobre su falta de dominio de contenidos, la empiezan a ver como una acción positiva, en donde obviamente tienen una sensación de no haber aprendido lo suficiente ni de la manera correcta, pero más que ello, les genera una oportunidad de aprendizaje, pues al reconocer sus limitaciones inmediatamente se proponen a superarlas con miras a tener mejores condiciones de explicación para sí mismos y para sus futuros estudiantes, como se ve en el siguiente ejemplo.

Autoevaluación y co-evaluación

Esta categoría indica la capacidad que desarrollan los estudiantes para compararse a sí mismos en diferentes momentos en una perspectiva de autoevaluación, y compararse entre pares en una perspectiva de co-evaluación, con el fin de establecer algún nivel de logro individual y colectivo. Este ejercicio de evaluación lo hacen espontáneamente con la intención de mejorar o de seguir creciendo y no tiene nada que ver con una nota sino principalmente con una revisión de lo que son y saben.

E13: un ejercicio fue el de los perfiles epistemológicos que consistía en una serie de preguntas sobre el tiempo con el fin de reconocer los perfiles, los cuales son realismo ingenuo, empirismo, racionalismo y surracionalismo"...la mayoría presentamos un buen porcentaje de realismo ingenuo al dar explicaciones simples pasando por alto conceptos muy importantes de la física para una buena explicación..."

E8: sobre la identificación de perfiles epistemológicos.. observé que todos tenemos algo característico de los cuatro perfiles, sin embargo la tendencia estaba entre el realismo ingenuo y el empirismo con un porcentaje menor en el racionalismo y poco de surracionalismo... esto nos muestra que debemos seguir mejorando en las explicaciones que damos con base en las teorías que hemos aprendido".

Observamos que los ejercicios basados en desarrollos epistemológicos fueron los que más favorecieron la auto evaluación y coevaluación, porque ellos fueron capaces de calificar sus producciones como "simples" lo que quiere decir que pueden imaginar una escala de valoración a partir de la identificación de perfiles epistemológicos. Sin embargo, no lo ven como un resultado definitivo sino más bien como una transición hacia formas más completas de organizar su conocimiento.

E5: "este ejercicio nos ayuda a comprender que no es simplemente decir que se ha logrado observar el átomo y ya, sino que hay partículas más pequeñas que lo componen fuera del electrón y del protón. Aprendí que nos encontramos según Bachelard en realismo ingenuo casi llegando al empirismo, ya que cuando empezamos la actividad algunos (entre esos yo) hizo un bosquejo de átomo muy simple, sin formulación matemática ni nada más. Pero hay un pequeño porcentaje que se encuentra el racionalismo porque establecieron muchas relaciones y ecuaciones."

E10: epistemológicamente hablando aprendí que para analizar un experimento... se debe entender en tres aspectos, el observador, lo observado y los observables... el observador es el individuo que trata de comprender un fenómeno con lo que

sabe... lo observado requiere distinguir variables, ...modificar estados del sistema... estudiar el comportamiento a partir de los sentidos... mientras que los observables requieren la extracción de alguna lógica y matemática para caracterizar adecuadamente el experimento. Entendí que es normal que todos pensemos diferente sobre un mismo tema pero que podemos construir conocimiento cuando debatimos en grupo.

En el caso del ejercicio sobre la observación de un objeto, caracterizan las diferencias que habrían entre el observador, lo observado y lo observable. Para ellos, queda claro que observar no es un simple ejercicio de “ver” pero también al describir lo que observan encuentran que no hay un solo lenguaje, sino que tienen que llegar a consensos sobre los términos y las representaciones que utilizan. Este resultado se logró luego de reflexiones y debates colectivos en donde contrastaban sus resultados de la observación y analizaban quien podría tener una descripción, explicación y argumentación más completa sobre lo observado y como llegar a consensos.

Conclusiones

En primer lugar evidenciamos que es pertinente la formación en la dimensión disciplinar de la Didáctica de la física desde la historia, filosofía y epistemología, porque nos permitió contribuir al desarrollo de las formas de pensar de los docentes respecto de la misma disciplina científica que enseñan y respecto de los conocimientos necesarios para tratar este contenido científico en un ámbito escolar con el fin de contribuir a la formación de sujetos.

El desarrollo de procesos metacognitivos para el re(conocimiento) de su saber fue evidente en aspectos como las reflexiones sobre su propio proceso de aprendizaje. En medio de las actividades ellos fueron encontrando que hay diferentes formas de aprender la física y que ellos han aprendido siempre con una tendencia única a partir del estudio de las leyes y los conceptos en torno a las ecuaciones. En este escenario consideran que es importante aprender a “observar” la naturaleza, lo cual es más que “ver” o entender su representación matemática.

Específicamente hicieron referencia a la necesidad de aprender a distinguir el observador de

lo observable y lo observado. Tomaron conciencia del desconocimiento que tienen sobre los orígenes y el desarrollo de algunos conceptos básicos que saben mencionar e inclusive representar, pero que al verse enfrentados a producir procesos de explicación encuentran que carecen de sentido para sí mismos.

A partir de este análisis, formulan propuestas para enriquecer su propio conocimiento, por ejemplo, en torno a análisis de la evolución histórica de los conceptos, la identificación de perfiles epistemológicos, o simplemente cuestionándose sobre el origen de las verdades establecidas. Reconocen la importancia de hacer reconstrucciones históricas de los conceptos que se proponen a enseñar.

Los estudiantes encontraron que tienen un nivel de conocimiento de ciertos contenidos, pero que se hace necesario organizar mejor sus ideas para poderlas expresar y sobretodo poderlas explicar para que otras personas comprendan y así saber si existe coherencia entre lo que dicen y lo que creen.

La auto evaluación y co-evaluación espontáneas, surgen cuando analizan lo que va ocurriendo en los diferentes ejercicios porque juzgan que deberían tener menos confusiones de las que se les presentaron. Lo interesante es que ejecutan para sí mismos una evaluación en el sentido de revisar para mejorar y para no repetir con sus futuros alumnos los mismos procesos que los llevaron a ciertos estados de confusión.

Finalmente, hubo un reconocimiento sobre la importancia de formarse adecuadamente y desde una perspectiva interdisciplinar, para ejercer la profesión de enseñar. Reconocen que el estudio de la filosofía, historia y epistemología de la física les permite profundizar en el conocimiento de la física y les ofrece alternativas para diseñar otras formas de tratar este conocimiento en contextos escolares.

Agradecimientos

Este trabajo es desarrollado en el marco del proyecto de investigación titulado “relaciones entre los resultados de investigación en enseñanza de las ciencias y las prácticas docentes” financiado por el Instituto de Estudios e Investigaciones Educativas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Referencias

- Bardin, L. (2002) *Análise de Conteúdo*. Original publicado em 1977. Tradutores Luís A. Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70. 223p.
- Cahchapuz, A.; Praia, J.; Jorge, M. (2002) *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das ciências*. M.E. Lisboa.
- Campanario, J. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 369-380.
- Castiblanco, O. L. (2013). *Uma estruturação para o ensino de didática da física na formação inicial de professores: contribuições da pesquisa na área..* 275f. Tesis (Doutorado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru.
- Castiblanco, O. & Nardi, R. (2015). Epistemology as an aid in metacognitive excersice in order to teach didactics of physics for future teachers. En J. e. Lavonen, *Science Education Research: engaging learners for a sustainable future* (Vol. 4). Helsinki, Finland: ESERA.
- Denzin, N.; Lincoln, Y. (2006). Introdução: A disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: Denzin, et al. *O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens*. 2th. ed. Porto Alegre: Artmed,. 432p.
- Gustone, R., & Northfield, J. (1994). Metacognition and learning to teach. *International Journal of Science Education*, 16 (5), 523-537.
- Marcel, V., Veenman, H. B., Van Hout, & Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: conceptual and methodological considerations. *Metacognition and Learning* .
- Martins, A.F.P.; Pacca, J.L.A. O (2005). Conceito de tempo entre estudantes do ensino fundamental e médio: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. *Investigações em Ensino de Ciências*; Porto Alegre, v.10, n.3, p.1-34
- Matthews, M. (1994). *Science teaching: the role of History and Philosophy of Science* (Vol. 1). New York, NY, EEUU: Routledge.
- Matthews, M. (2009). History, philosophy, and science teaching: The new engagement. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 10 (1).
- Nardi, R., & Castiblanco, O. (2014). *Didática da Física* (Vol. 1). (UNESP, Ed.) Sao Paulo, SP, Brasil: Cultura Academica.
- Papaleontiou-Louca, E. (2008). *Metacognition and Theory of Mind*. Newcastle, UK: Cambridge Scholars Publishing.