

Caracterizando el pensamiento metacognitivo del profesor de Física en formación

Characterizing the metacognitive thought of pre-service Physics teachers

Laura Estefany Sierra Pacheco¹

Olga Lucia Castiblanco Abril²

Resumen

Educar a los profesores de Física en formación inicial para la metacognición es un ejercicio aún poco explorado. Este trabajo se desarrolló mediante el diseño y ejecución de actividades basadas en la epistemología de la Física buscando caracterizar indicadores de ocurrencia del pensamiento metacognitivo del profesor. La toma de datos se realizó en un curso llamado “Epistemología de la Física para la Enseñanza” en una universidad pública de Bogotá. El análisis de datos se basó en la metodología de investigación cualitativa, específicamente desde el análisis de discurso, a partir de audios y videos de las actividades realizadas. La secuencia temática del curso trató aspectos sobre: la observabilidad de la naturaleza, los perfiles epistemológicos de conceptos científicos, los obstáculos epistemológicos en los discursos de quienes hablan de la Física, y las visiones de la Naturaleza de la ciencia. Los resultados indican que los profesores en formación desarrollaron habilidades para la autoevaluación, donde reconocían su proceso de aprendizaje y proyectaban sus discursos para la Enseñanza, también mostraron autorregulación para enriquecer su lenguaje evidenciando modificaciones en sus formas de darle sentido a la construcción de conocimiento en Física y en Enseñanza de la Física, así como ocurrió un proceso de toma de consciencia sobre la importancia de asumir la metacognición como un criterio orientador para su propio aprendizaje en diversos aspectos.

Palabras-Clave: Enseñanza. Filosofía de la Ciencia. Formación de Docente.

Abstract

Educating physics teachers in initial training for metacognition is an exercise still little explored. Activities based on the epistemology of physics were planned and executed, characterizing their metacognitive thinking. Data collection was in the "Epistemology of Physics for Teaching" course at a public university in Bogotá. Data analysis occurred on qualitative research methodology, specifically through discourse analysis, from audio and videos of the activities carried out. The thematic sequence of the course dealt with aspects such as observability of nature, epistemological profiles of scientific concepts, epistemological obstacles in the discourses of those who speak about physics, and views of the Nature of science. Results indicate that teachers in training developed skills for

¹ Licenciada en Física. Grupo de investigación en Enseñanza y Aprendizaje de la Física. Facultad de Ciencias y Educación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Email: lesierrap@correo.udistrital.edu.co

² PhD. en Educación para la Ciencia. Docente e investigadora de la Facultad de Ciencias y Educación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8069-0704>. Email: olcastiblancoa@udistrital.edu.co

self-assessment, recognizing their learning process, and projecting their speeches for teaching. They also showed self-regulation to enrich their language by modifying their ways of making sense of knowledge construction in physics and, in physics teaching, as well as a process to become aware of the importance of assuming metacognition as a guiding criterion for their learning in various aspects.

Keywords: Teaching. Philosophy of Science. Teacher Training.

Introducción

De acuerdo con White y Frederiksen (1998), la formación inicial del profesor debe educar profesionales autocríticos y autónomos para la Enseñanza de la Física, lo cual implica varios desafíos, uno de ellos es que deben aprender a analizar su propio nivel de comprensión sobre la Física, de allí, surge la necesidad de educarlos para la metacognición. En este mismo sentido, encontramos trabajos, como los de Corrêa, Passos y Arruda (2018), quienes defienden que el saber, el sentir y el valorar en los procesos de aprendizaje, especialmente de la ciencia están cruzados con procesos metacognitivos.

En Sierra (2021) se encuentra la investigación que dio origen a este artículo, en donde abordamos el propósito de estimular procesos metacognitivos por medio de análisis epistemológicos de conceptos de la Física, en el marco del curso “Epistemología de la Física para la Enseñanza”, ofrecido en un programa de Licenciatura en Física, en una universidad pública de Bogotá, Colombia, cuya metodología de enseñanza se basó en una secuencia de ejercicios que buscaba hacer que los estudiantes reconocieran sus propias formas de aprendizaje de la Física.

Consideramos que pensar el papel de educar para la metacognición, en un proceso de Enseñanza y Enseñanza, implica situarnos en los condicionantes que impone el sistema educativo, las exigencias de la sociedad en términos de formación de seres humanos críticos y reflexivos, la interacción humana que ocurre en la clase, el contexto en el que se desarrolla el proceso, las características propias de los profesores y estudiantes, y en general, todos los aspectos relacionados con el ejercicio docente, esto en la perspectiva de la formación del profesor como profesional, de acuerdo con autores como Tardif y Lessard (2005), Zeichner (2003) y Nóvoa (1992). En esta propuesta, nos concentraremos en analizar el caso de como educar al futuro profesor para que construya sus propias bases teóricas, a partir de la relación entre la Epistemología de la Física y la Didáctica de la Física.

Según Castiblanco y Nardi (2022), la interdisciplinariedad de la Didáctica de las Ciencias, estudia y posibilita la interrelación entre disciplinas de las Ciencias Humanas, Sociales y Naturales, para el enriquecimiento de nuevos imaginarios sobre la docencia. Así, educar al profesor para la metacognición requiere de la combinación de saberes que vienen de la epistemología, la Física, la pedagogía, la didáctica y todos los conocimientos

que nutren el discurso del profesor. Entendemos que un profesor ha desarrollado habilidades para la metacognición si, como mínimo, ha construido criterios para reconocer sus procesos de aprendizaje, autoanalizarse, desarrollar crítica y reflexión sobre su propia práctica, y ser autónomo en el diseño de sus estrategias metodológicas. En este mismo sentido, autores como Pasquarelli y Oliveira (2017) afirman que “la didáctica debe ser entendida buscando equilibrio entre sus dimensiones (humana, técnica y socio-política) lo cual requiere que estas dimensiones sean incluidas en los salones de clase, en la actividad docente y en la interacción entre profesor y alumno” (p. 187)³

Por lo tanto, el aprendizaje de la Didáctica de la Física es un componente fundamental en la formación del profesor y requiere de un tratamiento multidimensional e interdisciplinar, en donde, se reconoce el aporte de diversos tipos de conocimientos para la comprensión de lo que significa resolver problemas de Enseñanza y aprendizaje de la Física. Por esto, se ha formulado la pregunta de investigación ¿cómo influye el uso de la epistemología de la Física en la formación del proceso metacognitivo del profesor?

Sobre este tema, en particular, encontramos muy escasos antecedentes en la literatura. Luego de buscar artículos publicados en revistas especializadas en la formación de profesores de ciencias, durante los últimos cinco años, en el ámbito iberoamericano, relacionadas con el entendimiento de las formas de pensamiento del profesor en formación inicial, se encontró que no existían publicaciones que se enfocaran en el tema específico de la educación para la metacognición por medio de análisis epistemológicos. Existen sí, investigaciones que desarrollan ejercicios a través de la evaluación docente o estudian las características de los procesos de la evaluación del aprendizaje, tales como los trabajos de Dantas, Massoni y Dos Santos (2017) y Alvarez (2007), sin embargo, en ellos no se estudia específicamente el desarrollo de aprendizaje o re-aprendizaje del profesor en formación desde esta perspectiva.

Marco de Referencia

La Metacognición

Osses y Jaramillo (2008) se refieren a la metacognición como el conocimiento que las personas construyen respecto de sus propias formas de aprender. También, la asimilan a operaciones cognitivas relacionadas con los procesos de supervisión y regulación que las personas ejercen sobre sí mismos cuando se enfrentan a una tarea. Por ejemplo, para favorecer el aprendizaje del contenido de un texto, un alumno podría seleccionar como estrategia, la organización de su contenido en un esquema y evaluar el resultado obtenido. Esta distinción entre el conocimiento metacognitivo y el control metacognitivo es consistente con la distinción entre el conocimiento declarativo relativo al "saber qué" y el conocimiento procedimental referido al "saber cómo".

³ Traducción de las autoras, del portugués al español.

La metacognición, esencialmente, significa la cognición de la cognición. De acuerdo con Papaleontiou (2014), enseñar la metacognición implica educar al estudiante para desarrollar estrategias de pensamiento que:

los llevará a perseguir su propio aprendizaje a lo largo de su educación y de su vida. Los estudiantes y los profesores necesitan participar en la práctica activa de la metacognición. Al hacerlo, se convierten en aprendices independientes y obtienen control sobre su propio aprendizaje. (PAPALEONTIOU, 2014, p. 7),

Esto respecto a los procesos mediante los cuales aprende algo, pero también en relación con el conjunto de conocimientos que cree tener y que debe aprender a cuestionar. Según Castiblanco y Vizcaíno (2018), para desarrollar esta habilidad en los profesores, el sujeto debe aprender, por ejemplo, sobre cómo administrar su memoria, como tomar consciencia de los avances o retrocesos en su propio proceso de aprendizaje, cómo desarrollar estrategias de profundización en ciertos temas, como hacer evolucionar su lenguaje, como autoevaluarse, entre otros, que le darán cada vez mayor autonomía intelectual; es decir, que la persona debe reflexionar sobre todo aquello que es relevante para la autogestión en el cumplimiento de su rol docente.

En este trabajo nos centraremos particularmente en analizar las habilidades para: a) la autoevaluación, donde se espera que los estudiantes asuman la autocrítica y el autoanálisis de sus discursos científicos a partir de los ejercicios propuestos; y b) la evolución del lenguaje en el que proyecten modificaciones a sus discursos sobre la Enseñanza de la Física, la toma de consciencia sobre su aprendizaje en tanto futuros profesores y la modificación en sus formas de aprender.

Relación entre la metacognición y la formación del profesor como Didactólogo de la Física

En el trabajo de Castiblanco (2013), se encuentra que dos supuestos apoyan la metodología utilizada para caracterizar las Dimensiones de la Didáctica de la Física. En el primer supuesto, tenemos en la literatura del área de Educación Científica, un consenso general sobre la necesidad de mejorar la formación para la enseñanza, así como un consenso sobre las direcciones que debe tomar dicha educación; sin embargo, no hay un consenso específico respecto a los contenidos y metodologías que se utilizarían para dar cuenta de dicho consenso general. Ejemplo de ello, es que sobre la idea compartida de que el conocimiento didáctico está relacionado con diferentes campos disciplinares; existen diversas perspectivas sobre lo que esto significa cuando se trabaja en temas específicos de Ciencias Naturales en el aula, para unos radica en el estudiante, futuro profesor, que combinará los conocimientos aprendidos en las diferentes materias, para otros está en la organización curricular por proyectos o centrada en la práctica pedagógica, mientras para otros se trata del discurso del docente formador de profesores que debe ofrecer una panorámica de diversos conocimientos integrados, etc. Lo mismo pasa sobre el entendido general de que los docentes en aras de ser

“didáticos” deben partir de considerar las representaciones iniciales de sus estudiantes; sin embargo, son variadas las maneras de imaginar lo que un profesor puede y debe hacer con esas concepciones iniciales, como lo desarrollan Castiblanco y Nardi (2022), quienes resaltan la importancia de la formación del profesor de Física como un profesional con sentido crítico y reflexivo que contribuye al desarrollo de las sociedades, y quienes además asumen que la construcción del discurso del profesor sobre su didáctica no es aislada, sino, que se debe a una respuesta sobre las exigencias de la sociedad. Por esto, el profesor debe estar formado desde la interdisciplinariedad en disciplinas como la Historia, Filosofía, Lenguaje, Epistemología, y otras asociadas al desarrollo del pensamiento.

El segundo supuesto habla de que en la formación del profesor de Física se deben considerar resultados de investigación que permitan tener mayor comprensión en el conocimiento científico que se va a enseñar, objetivos y estrategias de enseñanza; es decir, que no resulta conveniente reducir su formación al aprendizaje de ciertas estrategias a manera de recetas, sino, que es necesario educar al profesor para que tenga criterios de toma de decisiones sobre las estrategias que realmente serían pertinentes en procesos educativos, de acuerdo al contexto en el que se encuentre y a su personalidad, y, fundamentalmente convertirlo en un investigador de su propia acción docente lo que caracterizaría al Didactólogo.

La Epistemología de la Física

La observabilidad de la naturaleza

De acuerdo con Castiblanco (2003), la doctrina de la observabilidad en el contexto de la Física cuántica se refiere, frecuentemente, al principio de observabilidad de Heisenberg, según el cual, las únicas cantidades que deben introducirse en la Física son aquellas que se puedan observar. En la introducción a su principal escrito, Heisenberg (1925) trataba de establecer una teoría de la mecánica cuántica, análoga a la mecánica clásica, pero en donde solo se dieran relaciones entre cantidades observables, él dice,

En todo campo nuevo se emprenden primeramente ensayos experimentales, se recoge material y se procura, al aumentar el número de los hechos experimentales, poner un poco de orden en lo que sucede. Luego se comenzó a interpolar o extrapolar los resultados de los diferentes experimentos, pudiendo ya prever a base de ellos, lo que probablemente ha de esperarse de uno futuro y determinado. El paso siguiente consistirá probablemente en procurar establecer un orden conceptual en el material experimental, aplicando al mismo los conceptos ya existentes en la física de ese momento (HEISENBERG, 1925, p.22).

Esta posición permite inferir una relación independiente entre observador y observado, en donde el sujeto debe describir lo que puede observar.

Pero, de acuerdo con Castiblanco (2003), dicha doctrina de observables, aunque resultó muy aceptable sobre todo porque fue Einstein quien en principio la apoyó, pronto

tuvo que verse replanteada por Heisenberg, quien nunca resulto estar totalmente convencido de trabajar únicamente con cantidades observables, en el sentido de medibles. Fue después de muchas elaboraciones que llegan a concluir que sin la ayuda de los conceptos correctos no se puede saber realmente qué ha sido observado. Es frente a la explicación del comportamiento del electrón en la cámara de niebla que Heisenberg invierte el planteamiento de la pregunta, la cuestión ya no podía ser ¿cómo se representa la trayectoria del electrón en la cámara de niebla?, sino, ¿no será que en la observación de la naturaleza sólo se dan aquellas situaciones experimentales que puede uno representar en el formalismo matemático de la teoría cuántica? Parece ser que Dirac estuvo más de acuerdo con este nuevo planteamiento, aunque para él no era definitivo asumir la teoría de los observables manejada en principio por Heisenberg, Bohr y hasta Einstein.

El principio de observabilidad de Dirac, le permitía proponer cantidades que parecieron tener poca conexión con los observables. La energía-negativa del mundo formulada en 1941 era una tal cantidad, y tanto así era el éter de la mecánica cuántica propuesto en los años cincuenta. Los ejemplos adicionales incluyen las partículas descritas por su ecuación de onda de energía-positiva en 1971 (la cual no tuvo características electromagnéticas) y, llegando a un extremo la masa-negativa introducida en su cosmología de 1973 (la cual no tuvo mucho efecto sobre lo observable). Dirac se dio cuenta que, en la práctica, las cantidades no-observables (no medibles) no pueden excluirse de la teoría Física y la observabilidad no puede separarse de la estructura teórica existente. De forma que sería la estructura teórica la que decide qué se puede observar. En 1955, Pauli manifiesta en una carta a Schrödinger su acuerdo con el punto de vista de Dirac, según el cual la estructura matemática de una teoría era el aspecto importante, y no su contenido de cantidades observables. Basados en estas ideas, nos proponemos a reflexionar con los docentes en formación acerca del sentido y el significado de “el observador”, “el observable” y “lo observado”.

Perfiles epistemológicos

Bachelard (1984) dice que cualquier concepto científico posee una perspectiva filosófica. Esta perspectiva, a la que hace referencia, la construye basándose en que es indiscutible el progreso científico a lo largo de la historia, juzgado a través del progreso que muestra la jerarquía de los conocimientos. Y propone tomar ese progreso como eje de un estudio filosófico en donde los sistemas filosóficos se sitúen regularmente para cada concepto científico analizado, desde el animismo, pasando por el empirismo, y el racionalismo hasta el surracionalismo. Así, tenemos que un concepto puede ser ordenado de acuerdo a distintos niveles sobre los cuales descansan filosofías científicas diferentes y progresivas, en cuanto a la jerarquía del conocimiento. De esta manera muestra en su explicación, cómo un concepto se dispersa sobre las distintas filosofías, planteando cada una de ellas un aspecto, aclarando una faz de este, pero distribuyéndose progresiva y ordenadamente en la medida en que la complejidad de su conocimiento lo exige. A partir

del trabajo de Viau y Moro (2011), podemos sintetizar la definición de los perfiles epistemológicos así:

- *Realismo ingenuo*
- Caracterizado por una noción de tiempo esencialmente cargada de subjetividad y marcada por el egocentrismo; por la asociación del tiempo al esfuerzo físico (cuanto mayor esfuerzo para realizar una actividad, más tiempo pasa) o a la distancia (un objeto que recorre una distancia mayor que otro, lleva necesariamente más tiempo para hacerlo). El tiempo, en este estado, permanece heterogéneo, no siendo aplicable a todos los objetos y movimientos. También puede ser caracterizado por la idea de paso desigual de las horas, es decir, que depende (varia) de individuos para individuo. De igual manera, la visión que exige la presencia de un individuo para que haya contaje de tiempo. El concepto de tiempo se vincula así a una especie de animismo ya que su realidad ontológica es dependiente de un espíritu que lo marque.
- *Empirismo*
- La superación del realismo permite la construcción de un tiempo único en común a todos los objetos y movimientos. Ese tiempo homogéneo es una cantidad medible, y puede ser determinado por aparatos de medida. Más que esto, para el pensamiento empírico el tiempo se reduce a los procedimientos de su medición. Allí, siempre hay una idea de repetición presente: sea la de una unidad que corresponde al propio ciclo de un fenómeno físico periódico (por ejemplo, en relojes de péndulo), o de una unidad impuesta arbitrariamente sobre un flujo continuo y uniforme asociado a fenómenos físicos regulares, pero no periódicos (ejemplo un reloj de agua). Entonces se asocia la visión empírica a ciertas propiedades del tiempo, como linealidad, continuidad y homogeneidad.
- *Racionalismo Tradicional*
- El racionalismo se caracteriza por la inserción del tiempo –objetivo- en un cuerpo de conocimientos. Las propiedades del tiempo ganan significación al interior de una teoría: la mecánica clásica. Este tiempo, es independiente del referencial y de la materia (es por lo tanto absoluto). Es un parámetro matemático abstracto, que participa de las ecuaciones mecánicas y permanece inalterado por el cambio de coordenadas entre dos sistemas inerciales de referencia (según las transformaciones de Galileo). El pensamiento racionalista supera y alarga al empirismo, separando el tiempo único y común (que tiene “existencia en sí”, es algo absoluto e independiente de cualquier cosa externa) de su medida aproximada (que Newton llama “tiempo relativo” en los Principia...). El reloj ya no define el tiempo, apenas lo marca.
- *Surracionalismo*
- La región surracionalista es talvez la más difícil de caracterizar, en parte porque las diferencias epistemológicas en relación al racionalismo tradicional pueden ser

sutiles u objeto de controversia, ya que aquí se encuentra una parte de la “novedad” traída por el pensamiento bachelardiano. El tiempo se caracteriza a partir de dos perspectivas: Por un lado, las teorías de la relatividad (especial y general) que niegan el tiempo absoluto y newtoniano, haciendo el transcurrir del tiempo depender del referencial adoptado (las transformaciones de Lorentz substituyen las transformaciones de Galileo) y da presencia de materia. Surge el espacio-tiempo cuatri-dimensional, no siendo más posible que pensemos el tiempo aisladamente. Por otro lado, la termodinámica y la mecánica estadística nos llevan a una nueva comprensión del concepto de tiempo al ofrecer un abordaje explicativo (de naturaleza probabilística) para la irreversibilidad temporal. Lo que era una “constatación sin explicación” en los estadios anteriores, ahora es un resultado.

Obstáculos epistemológicos

Estos obstáculos epistemológicos se dan en el acto mismo de conocer, generando estancamientos o confusiones que no permiten al individuo progresar en su aprendizaje. Para Bachelard (1984), estos obstáculos se pueden encontrar en procesos científicos o en procesos educativos, debido a que los docentes, dentro de la construcción de conocimiento, llevan consigo creencias que influyen en su lenguaje. Once son las modalidades caracterizadas por este autor, en que las se pueden encontrar obstáculos epistemológicos. En esta investigación se trabajarán cinco, que son las que consideramos tienen mayor presencia en los discursos de los docentes.

De acuerdo con Castiblanco y Vizcaíno (2020, p. 182-183), algunos de los obstáculos epistemológicos planteados por Bachelard se podrían definir de la siguiente manera, ajustados al caso del lenguaje de la Física:

- *La experiencia básica con conocimientos previos*

La subjetividad en las observaciones, el hecho de ver las cosas como se ven a simple vista y no como realmente son. Es el resultado de asumir las percepciones sensoriales como una explicación. P. ejm: el aire es el viento, el calor es el sol, los fluidos son líquidos, todos los movimientos son naturales, la fuerza permanece en los cuerpos, trabajo es esfuerzo, el vapor es humo... etc.

- *El obstáculo verbal*

Ocurre cuando mediante una sola palabra o una sola imagen se pretende explicar un concepto, es decir que se le otorga todo el poder explicativo a la definición de la palabra o imagen: P. ejm: la representación de modelo atómico como el todo de la explicación; ¿cómo se describe el fenómeno de la caída de los cuerpos? con aceleración constante; ¿en qué consiste la Física relativista? en la teoría de la relatividad.

- *La explicación por la utilidad o pragmatismo*

Se definen los conceptos por medio de la descripción de su aplicación, puede ser tecnológica o utilidad práctica en alguna situación. P. ejm: ¿qué es energía? es la electricidad que nos da luz; ¿qué es luz? Es lo que nos permite ver; ¿qué es

magnetismo? son los imanes; ¿qué es fuerza? es lo que empuja o permite mover algo

- *El conocimiento general*

Uso de generalizaciones que ocultan los detalles que permiten comprender la explicación, se suele hacer con el objetivo de exponer la definición de manera más resumida y sintética asumiendo que para todo mundo este conocimiento es básico. P. ejm; los cuerpos se caen por la gravedad, la tierra es redonda y gira, la luz viaja en línea recta, los cuerpos permanecen quietos a menos que una fuerza los mueva.

- *El obstáculo animista*

Consiste en darle vida a objetos o sistemas inanimados, se suele hacer con la intención de explicar a partir del conocimiento de la vida cotidiana con el fin de que el conocimiento sea más accequible. P. ejm: la atracción y repulsión de las cargas eléctricas funciona como la atracción y repulsión entre seres humanos; cuando el agua ebulle es como si las partículas de agua saltaran porque tienen mucho calor, los electrones deciden hacia donde ir cuando pasan a través de un polarizador.

Naturaleza de la ciencia

Discutir cual es la naturaleza de la Ciencia es un tema de corte epistemológico que contribuye a la metacognición, porque posibilita el debate y el desequilibrio conceptual, llevando al participante a posicionarse crítica y activamente dentro de la discusión. Según Acevedo, García, y Aragón (2017), la Naturaleza de la Ciencia (NDC) es un metaconocimiento sobre la ciencia que proviene de las reflexiones interdisciplinarias planteadas desde la Filosofía, la Historia y la Sociología de la ciencia, por parte de algunos científicos y educadores de ciencia. De manera general, puede decirse que la NDC trata de todo aquello que caracteriza a la ciencia como una forma particular de construcción de conocimiento sobre el mundo físico o natural.

Según estos mismos autores, en España algunos documentos de política educativa reciente han incluido la comprensión de la NDC en la educación científica (e.g. , OECD, 2016; NGSS, 2013) en los criterios de evaluación y estándares evaluables del bloque 1 sobre La actividad científica de Física y Química de 4º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), establecidos en el Real Decreto 1105/2014 por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD) p. 1, allí tan solo se encuentran las tres menciones siguientes a contenidos de NDC4, lo cual es insuficiente para introducir una formación consistente en este tema.

Reconocer que la investigación en ciencia es una labor colectiva e interdisciplinar en constante evolución e influida por el contexto económico y político” (...) “Analizar el proceso que debe seguir una hipótesis desde que se formula hasta que es aprobada por la comunidad científica, en los criterios de evaluación” (...) “Distinguir entre hipótesis, leyes y teorías, explicar los procesos que corroboran una hipótesis” (MECD, 2015, p.1)

Metodología de Investigación

El emplear una estrategia de enseñanza implica estar investigando en contextos donde ocurren vínculos sociales y donde los sujetos en estudio, en este caso los estudiantes futuros profesores, tienen complejidades que requieren análisis dinámicos. Por ello, se acudió a la investigación cualitativa, pues de acuerdo con Flick (2004), se parte de considerar que los puntos de vista y las prácticas en el campo son variables a causa de las distintas perspectivas subjetivas y los ambientes sociales relacionados con ellas.

Para la toma y análisis de datos se desarrolló un análisis de discurso, desde la perspectiva de Orlandi (2012), en donde entran en juego todas las perspectivas de los participantes. La investigación se realizó con estudiantes de Licenciatura en Física de una universidad pública de Bogotá, que se encontraban en tercer año. En total participaron 26 estudiantes quienes eligieron voluntariamente este curso electivo que hace parte del Plan de estudios para su formación como profesores de física, sus edades oscilaban entre los 20 y 23 años.

El abordaje al campo se hace desde el análisis de discurso, donde se observaba la participación del grupo, sus interpretaciones, sus expresiones y reflexiones, junto a los trabajos escritos realizados. Las clases fueron grabadas a través de la plataforma Google Meet, durante 27 sesiones, que fueron transcritas en el programa *Atlas.ti*. Igualmente, se recopilaron los escritos desarrollados por los estudiantes. También, la docente-investigadora produjo relatos de cada una de las clases. Se hizo triangulación de la información entre los vídeos, las producciones escritas y las bitácoras obtenidas. Las categorías de análisis fueron emergentes al conjunto de datos crudos.

El curso llamado “Epistemología de la Física para la Enseñanza” contiene cuatro unidades temáticas, que son: la observabilidad de la naturaleza, los perfiles epistemológicos, los obstáculos epistemológicos y la naturaleza de la ciencia, desarrollando ejercicios como los que se describen en la tabla 1.

Tabla 1: Temas y descripción de las clases que se impartieron en el transcurso del seminario.

TEMÁTICA DESARROLLADA	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES
Filosofía de la ciencia.	Los estudiantes inicialmente observan videos en donde algunos epistemólogos explican brevemente de que se tratan sus objetos de estudio. Se analiza y discute este contenido, buscando que los estudiantes aclaren el campo de acción de la epistemología de la Física y se puedan asumir como objetos de estudios epistemológicos.
La observabilidad	Luego de presentar a todos la hoja de un árbol, se pide a cada estudiante que la describa por escrito, luego se socializan los escritos para que todos identifiquen lo que otros observaron que cada uno no observó. A partir del resultado, se discute acerca del significado de observar ¿qué fue lo observado? ¿Cómo se describe lo observado? ¿Cuáles fueron los observables?

La observabilidad en un ping-pong	Se organiza el curso en grupos y se les pide que observen un ping-pong. Pero esta vez se utilizan instrumentos que permiten agudizar o complementar la observación, como el hecho de hacer rebotar el ping-pong en diferentes superficies, medirlo, calentarlo, etc. Se plantea que lancen hipótesis sobre la altura hasta la que rebotaría, se debate sobre el por qué consideraban que eran dichas alturas. Se reflexionó y debatió acerca de lo observado, y las similitudes y diferencias con lo encontrado en el ejercicio anterior. Finalmente, con el fin de profundizar en el significado de el observador, lo observado y el observable, se realizaron dos lecturas cortas, una sobre lo que se entendía como observable y no observable según Dirac, tomado de Castiblanco (2003), y otra sobre los principios filosóficos de la cuántica de Heisenberg.
Identificación de Estilos de aprendizaje	Con el fin de definir un criterio de reorganización de los grupos, para estimular mayores posibilidades de debate, se aplicó un test de estilos de aprendizaje y se agruparon de acuerdo a sus afinidades y no afinidades en las formas de aprender.
Perfiles epistemológicos	Se da la indicación a los estudiantes de qué deberán responder por escrito las preguntas que la profesora va denunciando, una a cada vez. Siendo estas: ¿el tiempo pasa más rápido o más lento a veces cierra? ¿Cómo sabes que transcurre el tiempo? ¿Existe el tiempo de manera independiente al ser humano? ¿Cuál sería el reloj más preciso? Luego se socializan y analizan las respuestas que en general son bastante variadas. A partir de allí, se hace un estudio por grupos para identificar los perfiles epistemológicos que se evidencian en los discursos.
Concepciones de espacio de tiempo, absolutos y relativos	<p>Se realiza la lectura de la primera parte del libro “Filosofía de la Física” de Tim Maudlin, se discute sobre la idea de tiempo absoluto y espacio absoluto. Se hace control y análisis de lectura mediante una dinámica de interacción que hacia que todos los estudiantes tuvieran algo que preguntarle a cada uno de sus colegas, y a su vez, todos tuviesen diversas respuestas sobre una misma pregunta. Para ello la profesora redactó 12 preguntas acerca del contenido del libro y dividió el curso en dos grupos. De modo que cada uno de los integrantes del primer grupo se haría responsable de hacer una de las preguntas que la profesora le entregó y a su vez, cada uno de los integrantes del segundo grupo pasaría a cada vez, en el tiempo indicado por la profesora, enfrente de sus compañeros para responder las preguntas.</p> <p>Finalmente, se analiza la experiencia que les ofrece diversos aprendizajes, sobre su comprensión de la lectura, pero también sobre sus formas de expresarse, sobre la diversidad de pensamiento con sus compañeros. Se concentra el debate en torno a las formas como se fue consolidando la idea de espacio y de tiempo absoluto y relativo desde la mecánica clásica hasta la Física relativista, viendo como allí en interferido diferentes tipos de lenguaje matemático y también diferentes concepciones sobre la naturaleza y sobre lo que es hacer ciencia.</p>
Obstáculos epistemológicos	Se realiza la lectura de las definiciones de obstáculos epistemológicos y se discuten los ejemplos acerca de las diferentes formas en que pueden aparecer, tales como la experiencia básica, los conocimientos previos, el obstáculo verbal, por utilidad y pragmatismo, el conocimiento general. Luego de una reflexión para garantizar la comprensión de cada uno de estos tipos, se dio instrucción a los estudiantes para que reconocieran estos obstáculos en sus propios discursos y en los de sus maestros. Posteriormente, se hicieron ejercicios de análisis de discurso sobre conferencistas disponibles online.
Naturaleza de la ciencia	La docente presenta un conjunto de videos cortos disponibles online, en donde diversos divulgadores de la ciencia invitan a estudiar la ciencia o a profundizar en algún concepto científico. En ellos se identifican los imaginarios de fondo que tienen los autores de este material. Los estudiantes van tomando conciencia

	gradualmente acerca de las muchas ideas fantasiosas, imaginarias o inclusive falsas que se suelen inyectar implícitamente en un discurso aparentemente comprobado científicamente. Cómo es el hecho de mostrar a los autores de las leyes científicas como “Dioses”, o invitar a estudiar la ciencia porque es “fácil” pero enseguida mostrar una serie de ideas que son exactamente “difíciles” lo cual crea un falso imaginario, también ideas sobre las “bondades” de la ciencia, que a veces son ingenuas o maquilladas.
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Bitácoras elaboradas por las autoras.

Resultados

Se identificaron cuatro categorías emergentes en los discursos de los estudiantes, mediante las cuales se hizo el análisis de los datos: 1) reconstrucción de su conocimiento sobre la Física y la Enseñanza de la Física, 2) enriquecimiento en el lenguaje, 3) habilidades para la autoevaluación y, 4) toma de consciencia y modificación de ideas sobre la naturaleza de la ciencia. Se encontraron evidencias de todas ellas, en diferentes episodios o momentos de la clase, aunque algunas con mayor presencia que otras. Con la herramienta *Atlas.ti*, se seleccionaron los episodios donde se evidenciaban las categorías anteriormente mencionadas.

En la gráfica 1, observamos que la categoría de *construcción de conocimiento*, tiene mayor presencia que las otras, esto es debido a que la mayoría de los ejercicios propiciaban un ambiente que incentivó o exigió a los estudiantes a exponer sus ideas, dar explicaciones, contrastar argumentos, formular y responder preguntas tanto de la docente como de ellos mismos, y los temas en general, trataban sobre contenidos de la Física y la Enseñanza de la Física.

Gráfica 1: Frecuencia de ocurrencia de los episodios que hacen parte de las cuatro categorías de análisis que evidencia la formación para la metacognición.



Fuente: las autoras

El *enriquecimiento del lenguaje* se evidenció a lo largo de todo el seminario, pero con mayor intensidad en algunos momentos específicos, debido a que los profesores en formación lo fueron apropiando al tomar conciencia de que debían ser cuidadosos con las palabras que utilizaban con el fin de hacerse entender mejor o de ser más coherentes consigo mismos. Por otra parte, la habilidad para la *autoevaluación* fue un proceso que se logró a través de ejercicios donde se reflexionó acerca del cómo aprendieron nuevamente lo que consideraban que ya tenían aprendido, así como el impacto que esto tendría en su quehacer docente, pues hubo muchas reflexiones acerca de lo que se suele hacer para enseñar Física y lo que no les gustaría que sus maestros hubieran hecho con ellos, y en consecuencia, lo que no les gustaría hacer o lo que sí les gustaría hacer cuando ejerzan la docencia.

Por su parte, la *modificación de ideas sobre la Naturaleza de la ciencia*, fue un discurso que los tomó por sorpresa, pues al inicio cuando la docente presenta una seguidilla de videos de divulgación y les pregunta si están de acuerdo con todo lo contenido allí, en general, responden afirmativamente. Pero luego, cuando se les invita a cuestionar ciertas expresiones del tipo “esto lo dijo el Grandioso y genial Newton” o “esto es verdad porque ha sido comprobado científicamente” o “cualquiera puede aprender Física, solo necesitas usar tu sentido común”, van reflexionando. Varios afirman que nunca lo habían pensado de otra manera y que evidentemente se debe tomar cuidado con el modo de cómo se presenta la ciencia y las formas de hacer ciencia, mostrando modificaciones en su visión del mundo, cuestionándose el para qué se hace ciencia, quienes la desarrollan, a quién impacta etc.

La reconstrucción de su conocimiento sobre la Física y la Enseñanza de la física

Como docente, es importante hacer un reconocimiento acerca del dominio de contenido que se tiene y de cómo se enseña dicho contenido, para llevarlos a esta reflexión, la docente titular desarrolló ejercicios de corte metacognitivo basados en análisis epistemológicos. Estos ejercicios tuvieron un alto impacto en los estudiantes, ya que posibilitó su participación, cuestionándoles continuamente acerca de su visión del mundo. Para dar una evidencia de ello, presentamos algunos fragmentos tomados de las bitácoras que ofrecen testimonios de los estudiantes.

En el siguiente, por ejemplo, se muestran reflexiones sobre el sentido de observar, luego de analizar la diferencia entre “observador”, “observado”, “observable”:

Prof: ¿Qué papel juega la observación en los procesos de comprensión?

E: La observación es lo que podemos notar que ocurre en nuestro entorno... podemos ver que pasan cosas, pero eso debemos analizarlo y ahí está el papel que juega poder abstraer cosas con los conocimientos adquiridos, así es como construiríamos un observable. Yo entendí que tenemos visiones diferentes y partimos de lo que tenemos construido y solo cuando nos ponemos de acuerdo en algo vamos produciendo observables de lo que vemos como observadores, y ahí es cuando empezamos a ver de manera diferente a como siempre observamos, cuando

discutimos con los demás sobre lo que observamos que no siempre será directamente visto con los ojos...y cuando podemos dialogar con otros entonces sabemos si entendemos lo que estamos pensando...

El anterior fragmento evidencia el cuestionamiento acerca de nuestro entorno, inicialmente, ellos concebían a “la observación y la observabilidad” como una descripción de lo que se ve a simple vista, o una ecuación; posteriormente, lo empiezan a ver como una forma de ver el mundo, esto debido a que, dentro de su experiencia, asociaban la observación con lo que desarrollaron en diversas ocasiones en laboratorios o informes de experimentos tradicionales, en donde deben dar cuenta de algo que ya está predeterminado que observarán y no como algo que construyeron conjuntamente. Veamos como entran en discusión sobre temas que inicialmente consideraban obvio cuando se les pidió que observaran el ping-pong, para algunos era simplemente describir su forma y color, para otros, implicaba pesarlo o medir las propiedades de sus materiales, para otros era decir para qué sirve, etc.

E: Profe, yo me doy cuenta que la mayoría siempre tiende a destacar la forma del ping-pong, el diámetro y el material, el observable es medio difícil de construir porque como que nadie lo dice explícitamente, parece que lo observable es la forma y eso.

Prof: Ustedes son el observador, lo observado es el ping-pong, ¿cuál es el observable?

E: El observable es cuando lo empiezan a describir.

Prof: ¿Cuáles observables identificaste?

E: Tamaño, color, masa y texturas...en realidad hay varias maneras de describirlo... es un poco confuso... tendríamos que pensar mejor.

Nótese como el concepto de “observabilidad” empieza a causarles inquietud, y van notando que como futuros docentes en Física tendrán que tener mayor claridad sobre este asunto de observar la naturaleza, pues implica una forma particular de hablar de la Física.

Por otra parte, cuando se trabajó el concepto de “obstáculo epistemológico” fue notorio que algunos estudiantes mostraron reacciones de rechazo hacia la temática, pues consideraban que se estaba atacando sin razón a los discursos de los científicos puros; es decir, que al cuestionar la forma en que usan el lenguaje ciertos conferencistas de la ciencia o profesores, se estaría cuestionando una forma “más prácticas de explicar”, mientras otros participantes, trataban de entrar en diálogo con este concepto e identificar cual sería la problemática que causa.

Prof: Si digo: “el calor es el Sol”, ¿Cuál sería el problema?

: Yo nunca he escuchado eso, pero sería lo que más se acerca a un contexto o como que es una forma más práctica de decirlo.

: Yo pienso que limita el concepto de calor, ocultaría todo lo que viene detrás de esa frase.

Prof: El acudir a la experiencia básica de las personas no debe ser para camuflar la explicación sino para partir de algo que se explicará lo que requiere definir conocimientos para no confundir. Por ejemplo, si yo digo: “todos los movimientos son naturales” ¿Qué problema tendría esto?

: Estaría deslegitimando la posibilidad que tenemos nosotros como artífices de algún evento, el hecho de que alguien intervenga sobre algo por acción propia, no sé si se salga de la naturaleza, pero no sería la forma más adecuada de darle un significado al movimiento, estaría entrando en el mismo concepto de natural, tenemos la idea de poder generar cambios.

E: ¿Ósea que el problema viene cuando se minimiza la información del fenómeno?

Prof: No, no estamos hablando de minimizar o maximizar la información del fenómeno, sino, que son frases que si aparecen en el contexto de una explicación se convierten en un obstáculo, porque no dan lugar a imaginar nada mas allá, el estudiante puede quedarse con esa frase como el todo de la explicación.

Adicionalmente, al realizar múltiples ejemplos acerca de los obstáculos epistemológicos, los estudiantes empezaron a proponer soluciones a ciertas expresiones que tienen la intención de presentar el contenido de manera más “fácil” pero que realmente impiden la comprensión. Para muchas de ellas se encontraron evidencias en videos de profesores desarrollando clases cotidianas, disponibles en la web. Veamos un ejemplo en la Tabla 2, que fue transcrita con la respectiva ortografía de los estudiantes cuando hicieron sus análisis.

Tabla 2. Reconocimiento de obstáculos epistemológicos y propuestas de discurso alternativo.

Obstáculo epistemológico identificado en el video	Propuesta de discurso alternativo para superar el obstáculo
<p>Minuto 1:57, de https://www.youtube.com/watch?v=ElXooch5s8Q</p> <p>Compara el tamaño de las pelotas con la cantidad de carga, esto puede generar un obstáculo epistemológico, ya que el estudiante puede pensar en la cantidad de carga como esferas muy grandes para cargas muy grandes y esferas pequeñas para cargas pequeñas.</p>	<p>Ahora, vamos a considerar lo siguiente: supongamos un sistema de dos cargas puntuales, las cuales se llamarán carga 1 (Q) y carga 2 (q). La carga Q, que es una carga fuente, se ubica en el origen de coordenadas (que yo lo establezco), y la carga q, que es una carga de prueba, se ubica en cualquier punto en el espacio (de preferencia un punto finito, para comenzar), por tanto, ambas están separadas a una distancia d. ¿Qué fuerza ejerce q sobre Q? A su vez: ¿Cómo será el movimiento de la carga de prueba respecto a la carga en el origen? Pues bien, dada la fuerza que ejerce q sobre Q (y en sentido contrario, por consecuencia de la tercera ley de Newton), será de tipo atractiva o repulsiva, pues aún no hemos determinado la magnitud de ninguna de las cargas. Supongamos entonces que Q y q son del mismo signo, lo que deberíamos esperar es una fuerza resultante de naturaleza repulsiva (Fig.1), caso contrario si las cargas fueran de signos opuestos la naturaleza de la fuerza sería atractiva (Fig.2).</p>

Fuente: Escritos desarrollados en el seminario por docentes en formación inicial.

Enriquecimiento de lenguaje

Pudimos evidenciar que los docentes en formación inicial enriquecieron su lenguaje, porque ellos explican no como el profesor guía dice que es correcto, sino, como han apropiado conceptos a lo largo de su experiencia y del seminario, esto lo podemos

observar en un fragmento de la bitácora del ejercicio en donde se les pidió a los estudiantes definir por escrito la palabra “tiempo”. Hubo una gran diversidad de formas de definirlo, pero en general, la mayoría lo hace desde su experiencia de vida cotidiana, y a pesar de haber ya visto varios cursos de Física, no recurren a las definiciones que ofrecen las teorías, salvo algunas excepciones.

E: Yo tuve inconvenientes con el concepto de tiempo, yo coloqué; no es claro porque no existe un concepto específico...

: Yo lo hice muy personal y me basé en la serie de Genius cuando Einstein hablaba del espacio y el tiempo, diciendo que no era absoluto...pero en realidad no lo comprendo bien...

: Yo lo tomé de ambas maneras y separé las definiciones a partir de lo que nos dictan los conocimientos en Física, en la newtoniana creemos que el tiempo es algo que fluye y en la relatividad cambia dicho concepto, lo tomé en lo que yo siento que es el tiempo a partir de mi existencia. Es difícil dar la percepción en cuanto al tiempo.

Llamó la atención que un estudiante quiso utilizar un poema para ejemplificar que no era posible ni viable definir el tiempo, pero en todo caso dando una idea de cambio y de cosas que ocurren en el tiempo,

Adán es tu ceniza, la espada morirá como el racimo, el cristal no es más frágil que la roca, las cosas son su porvenir de polvo, el hierro es el orín, la voz el eco, Adán el joven padre es tu ceniza, el último jardín será el primero, el risueño y píndaro son voces, la aurora es el reflejo del ocaso, el micenio la máscara de oro, urquiza lo que dejan los puñales, el rostro que se mira en el espejo, no es del ayer, la noche lo ha gastado, el delicado tiempo nos modela, qué dicha ser el agua invulnerable de la parábola de Heráclito o el intrincado como fuego, pero ahora en el largo día que pasa me siento desvalido y duradero. Para los compañeros que piensan que no existe el tiempo sin nosotros, ¿tampoco el espacio, el tiempo, la madera? Autor: Borges

Esto generó polémica, pues se empiezan a preocupar por saber si habría una definición exacta de tiempo; se inquietaron por saber que tanto del concepto de tiempo este asociado a la vida cotidiana o si simplemente es un artificio matemático, o cual de todas las formas de experiencia mostradas tendría mayor o mejor relación con la ciencia propiamente dicha... Este episodio permitió introducir el concepto de “Perfil epistemológico” desarrollado por Bachelard (1984) en torno al concepto de tiempo. Este autor muestra que todos quienes piensan el mundo tienen concepciones de tiempo ingenuas, es decir, asociadas al acontecer diario, pero también empíricas, es decir, relacionadas con la intención de medir la ocurrencia de sucesos, y así mismo, también desarrollan visiones racionalistas, en donde el concepto se matematiza para dar cuenta de la explicación de un fenómeno natural, y como una evolución de esta, se tiene la visión surracionalista, en donde el sujeto es capaz de imaginar varias naturalezas del concepto de tiempo.

Los estudiantes absorben todo este lenguaje y amplían su comprensión sobre que no está mal tener todos los perfiles epistemológicos sobre tiempo, pero si habría algo incompleto si solo se tiene el perfil ingenuo, ya que eso es lo que seguramente enseñarán a sus estudiantes.

Para abordar la temática de Naturaleza de la Ciencia, se empezó analizando un video en donde buscaban responder ¿Qué es la Física? Frente a lo cual hubo un debate, en donde se observó como para organizar sus argumentaciones acudían a diversos conceptos estudiados previamente en este curso. Observemos el siguiente ejemplo en el que se acude a la idea de obstáculo epistemológico.

E: Yo logro notar que, en la mayoría de los videos, pues identificamos obstáculos epistemológicos que se usan como para “explicar mejor” con cosas que se asemejan a la vida cotidiana... creo que el error ahí esta en tratar de innovar, pero sin saber que se deja a las personas como en una nube, imaginándose si en realidad podría pasar. Por ejemplo, se dice que “imagine que usted esta jugando tenis contra un camión que viene hacia usted” ... y pues eso es muy... loco, pero lo dicen tratando de hablar de algo supuestamente cotidiano para hablar sobre algo que estudia la Física...

Nótese, que si bien se estaba centrando la discusión sobre cuáles serían los objetos de estudio de la Física, lo primero que los estudiantes resaltan son los obstáculos en el discurso del expositor. Pero luego se lograron instalar análisis críticos acerca de la ciencia y de la enseñanza de la misma, a partir de videos en YouTube buscados con las palabras clave “qué es la Física” “qué es la Ciencia”, frente a lo cual identificaron varios “falsos imaginarios” que la gente suele dar por sobre entendidos, como que la Ciencia es hecha por genios y para genios, o que quien se dedica a las Ciencias Exactas es un superhéroe, o que la Física es lo único y más fundamental para el desarrollo de la sociedad. Ellos reconocen que no solo se debe pensar en la disciplina de la Física como algo puro, aislado de toda emoción, pues exactamente se encuentra que toda su construcción se basa en una relación entre humanos, quienes tienen aspectos psicológicos, antropológicos, entre otros. Veamos un ejemplo, en los siguientes fragmentos:

E: Yo creo que ese video... muestra un imaginario de lo que es la Física o lo que es ser físico, creo que no es como... el más apropiado, lo engrandece demasiado, muestra que el máximo desarrollo de la humanidad es un físico, si bien los físicos son importantes, no es como lo último o lo que está más arriba en los escalones del conocimiento, en el video se ve como se pretende vender el estudio de la Física. Al final es claro, porque él dice que la forma para mejorar la sociedad es estudiar la Física, yo creo que la arreglan tanto para venderla.

E2: Creo que... la conclusión en cuanto a lo que es la reflexión es que, la ciencia es de carácter... qué la ciencia se ve afectada por muchos factores... entonces no es algo meramente del genio de una persona, la ciencia no se hace de genios para genios y ni siquiera es por genios y para genios. (...) hay que entender que la ciencia es un trabajo colectivo y ver y hacer un trabajo colectivo y además responde a la sociedad a necesidades socioculturales.

Al final toman conciencia de la relación ciencia-sociedad que responde a necesidades mutuas, además, reconocen la importancia de otras disciplinas como las ciencias humanas.

Habilidades para la autoevaluación

Durante todo el curso, los profesores en formación inicial, a partir de cada ejercicio desarrollado, hicieron continua autoevaluación. Cuestionaban sus propios discursos y en ocasiones formulaban preguntas con el fin de tomar posición crítica frente a lo planteado por la profesora, bien fuera contra el discurso presentado o contra su propio discurso.

E: ... esta actividad marcó una gran diferencia en mi camino académico, porque siempre he tenido dificultades para cursar mis clases y alcanzar el nivel académico que los docentes me exigen, llegando a plantearme, inclusive, abandonar la carrera. Pero ahora entiendo que mis dificultades frente a la comprensión de la Física no se deben necesariamente a limitaciones mentales o académicas más para cursar la materia, por el contrario, me doy cuenta que tengo muchos cuestionamientos de tipo epistemológicos a la Física en general, y por lo tanto veo como algunos profesores no logran responder satisfactoriamente a estas preguntas. De modo que cuando veo esos obstáculos epistemológicos en mi formación, me puedo proponer a superarlos individualmente y lograr comprender así las materias de Física, mas allá de las ecuaciones.

Conclusiones

En el desarrollo del seminario se evidenció que, con los ejercicios epistemológicos, hay construcción de conocimiento, debido a que permanentemente el docente en formación inicial, argumentaba o se cuestionaba acerca de las diferentes temáticas, no solo cuestionándolas desde el punto de vista del contenido científico, sino, asociando reflexiones sobre su que hacer como estudiante y docente, sus experiencias y su visión del mundo. Reconocen que es una forma de mejorar su discurso, además, de que toman conciencia sobre sus procesos de aprendizaje y como repercutirían en el de proceso de enseñanza para sus futuros estudiantes.

El enriquecimiento del lenguaje y las habilidades para la autoevaluación, no fueron categorías aisladas, pues aparecieron todo el tiempo y de forma relacionada. Paulatinamente fueron construyeron un discurso alterno al tradicional, tanto en lo que respecta a conceptos de la Física como al sentido que tiene la Enseñanza de la Física. Además de aprender a identificar obstáculos y perfiles epistemológicos en sus discursos, en el de los colegas y en el de diversos oradores de la ciencia, también desmitificaron la idea de Ciencia como algo para gente superdotada, o la ciencia como un constructo lineal de aciertos a lo largo de la historia. Igualmente, reconocieron, la no neutralidad de la ciencia y su relación con la sociedad y los procesos socio-culturales.

En síntesis, esta manera de abordar la formación para la metacognición a partir de la epistemología, no solo permite enseñar ciertas temáticas de la epistemología de la Física, sino que facilita la toma de conciencia sobre como aprender a aprender y como enseñar lo aprendido.

Agradecimientos

Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación *“Interfaces entre a produção acadêmica em Ensino de Ciências e os saberes e práticas docentes em diferentes níveis, modalidades de ensino e espaços educativos: Aspectos relativos ao aperfeiçoamento de*

condições, propostas e estratégias para a formação de professores”, financiado por el Consejo Nacional de Pesquisa- CNPq-Brasil e institucionalizado en el Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.

Referências

ACEVEDO, José., GARCÍA, Antonio., ARAGÓN, María del Mar. Naturaleza de la ciencia. In J. Acevedo, A. García, A. Aragón, **Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia**. Madrid-España: Iberciencia, 2017. p. 9-14

ALVAREZ, Juan. **Evaluar para conocer, examinar para excluir**. Madrid: Morata S.L., 2007.

BACHELARD, Gastón. **La formación del espíritu científico: contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo**. 22ª ed. México: Siglo XXI Editores, 1984.

CASTIBLANCO, Olga. **Una perspectiva pedagógica a propósito de Dirac**, 2003. Tesis (Maestría en Docencia de la Física)-Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, 2003.

CASTIBLANCO, Olga. **Uma estruturação para o ensino de didática da Física na formação inicial de professores: contribuições da pesquisa na área**, 2013. Tesis (Doctorado en Educación para la Ciencia) - Faculdade de Educação. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, SP. Brasil, 2013.

CASTIBLANCO, Olga; NARDI, Roberto. **Didáctica de la Física**. Sao Pablo, Brasil. Editorial Escrituras, Livraría da Física, 2022.

CASTIBLANCO, Olga; VIZCAINO, Diego. Re(conocimiento) de la disciplina a partir de ejercicios metacognitivos. **Revista Internacional de Aprendizaje en Ciencia, Matemáticas y Tecnología**, v. 5, n. 1, p.29-39, 2018.

CASTIBLANCO, Olga; VIZCAÍNO, Diego. Obstáculos epistemológicos en el aprendizaje de algunos conceptos de Física, pp.180-205. In A. Shigunov, A. Coelho, D. Strieder, & I. Forunato, **A formação de professores de Física em discussao: pasado, presente e perspectivas**, Itapetininga, Brasil: Edições Hipotese, 2020.

CORRÊA, Nancy; PASSOS, Marinez; ARRUDA, Sergio. Metacognition and relationships with knowledge. **Ciênc. Educ.**, v. 24, n. 2, p. 517-534, 2018.

DANTAS, Claudio; MASSONI, Neusa; DOS SANTOS, Flavia. A avaliação no Ensino de Ciências Naturais nos documentos oficiais e na literatura acadêmica: uma temática com muitas questões em aberto. **Ensaio: aval. pol. públ. Educ.**, v. 1, n. 43, 2017.

FLICK, Uwe. **Introducción a la Investigación Cualitativa**. Ediciones Morata, 2004.

HEISENBERG, Werner. **Problemas filosóficos de la Física de las partículas elementales**. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 1925.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE, ESPAÑA, MECD. **Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables de la materia Física y Química de 4º de ESO**, 2015.

NÓVOA, Antonio. Formação de professores e profissão docente. In Nóvoa, A. **Os professores e a sua formação**. Dom Quixote, 1992.

ORLANDI, Enni. **Análisis del discurso. Principios y procedimientos**. LOM Ediciones, UMCE, 2012.

OSSES, Sonia, & JARAMILLO, Sandra. Metacognición: un camino para aprender a aprender. **Estudios Pedagógicos**, XXXIV, n1, p.187-197, 2008.

PAPALEONTIOU-LOUCA, E. Metacognition. In D. Phillips. **Encyclopedia of Educational Theory and Philosophy**, SAGE Publications, Inc, 2014, p.523-526.

PASQUARELLI, Vicente., OLIVEIRA, Thais. Aprendizagem baseada em projetos e formação de professores: uma possibilidade de articulação entre as dimensões estratégica, humana e sócio-política da didática. **Góndola, Enseñ Aprend Cienc**, v. 12, n. 2, p.186-203, 2017.

SIERRA, Laura. **La epistemología en la formación del profesor para la didáctica de la física**, 2021. Trabajo de Grado (Licenciatura en Física)-Facultad de Ciencias y Educación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas-UDFJC, Bogotá, 2021.

TARDIF, Maurice; LESSARD, Claude. **O trabalho docente: elementos para uma teoria da docência como profissão de interações humanas**. Editora Vozes, 2005.

VIAU, Javier; MORO, Lucrecia. El Perfil Epistemológico de Bachelard y los Modelos Didácticos: La Transferencia Epistemológica en Alumnos de Nivel Medio. **Cuadernos de educación**, año 9, n. 9, p.153-164, 2011.

WHITE, Barbara; FREDERIKSEN, John. Inquiry, Modeling, and Metacognition: Making Science Accessible to All Students. **Cognition and Instruction**, v. 16, n. 1, p.3-118, 1998.

ZEICHNER, K. Formando professores reflexivos para a educação centrada no aluno: possibilidades e contradições. In R. Barbosa, **Formação de educadores: desafios e perspectivas**. São Paulo: UNESP, 2003.

Recebido: 24.03.2022
Aprovado: 27.08.2022
Publicado: 26.12.2022