Aprender indagando: base para una transformación del modelo de enseñanza en la formación de profesores

Fabio Omar Arcos Martínez
farcos@udistrital.edu.co
Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Resumen

Este trabajo analiza las características de los procesos de indagación que adelanta una profesora de física en la formación inicial, al realizar la construcción de explicaciones en torno a proyectos, así como sus implicaciones en la transformación de los modelos de enseñanza antes y después de abordar este proceso. La metodología cualitativa de corte interpretativo que se utilizó, permitió desarrollar las técnicas de análisis de contenido de las planeaciones de clase, los informes de los proyectos y un cuestionario realizado posterior a la finalización del curso. Los resultados muestran que la participante logra transformar sus modelos de enseñanza, inicialmente centrados en los contenidos disciplinarios y en el maestro, a otros centrados en el aprendizaje activo de los estudiantes, luego de vivenciar su propio proceso de aprendizaje basado en la indagación para construir explicaciones en torno a la resolución de un proyecto. Como conclusiones se establecen las características de este contexto de investigación y sus implicaciones en la formación inicial de profesores de física.

Palabras Clave

aprendizaje basado en la indagación, clase, formación inicial de profesores, modelos de enseñanza, sistema.

Abstract

This work analyzes the characteristics of the inquiry processes carried out by physics teachers in initial training, when constructing explanations around projects, as well as their implications in the transformations of teaching models before and after addressing this process. The methodology used was based on the content analysis techniques of class planning, project reports and a questionnaire carried out after the completion of the course. The results show that the participants manage to transform their teaching models, initially focused on disciplinary content and the teacher, to one focused on the active learning of students, after experiencing a learning process based on inquiry to build explanations around it to the resolution of a project. Com conclusions, the characteristics of this context are established, which enables the transformation of teaching models.

Keywords

inquiry-based learning, class, pre service teacher, teaching models, system

Introducción

Emprender acciones intencionadas que apunten a la formación de docentes de física hacia perspectivas y modelos de enseñanza diferentes a los centrados en la disciplina y el docente, es un gran reto al que la formación universitaria debe apuntar. Al respecto varios estudios realizados con docentes en formación reportan que existen 2 grandes modelos de enseñanza uno centrado en la disciplina y el maestro y otro centrado en el aprendizaje y el estudiante (Gargallo 2009). Asimismo, Porlán (2018) reitera que existe una serie de acuerdos entre la comunidad de investigadores en la enseñanza de las ciencias, así como unas bases fundamentadas en esos consensos que constituyen un paradigma emergente de la enseñanza de las ciencias, en donde se plantea entre otros, que la formación inicial de profesores debe ser un campo de exploración de nuevos modelos de enseñanza que se centren en el aprendizaje y en el estudiante.

Ahora bien, en el reconocimiento actual de estrategias alternativas de enseñanza de las ciencias: Aprendizaje basado en la investigación (ABI) (Constantinou C., et al, 2018), Aprendizaje basado problemas (ABP), aprendizaje basado en proyectos (ABP) (Terrimar I. et al, 2017), Aula invertida (Ros G. et al, 2021), Gamificación (Rodriguez L. Avendaño H., 2018), entre otros, plantean retos posibles en la formación inicial y continua de profesores, a los cuales la universidad no puede estar ajena. Este escrito intenta dar cuenta de un proceso innovador en la formación inicial de profesores de física desde una perspectiva centrada en el aprendizaje basado en la indagación (Buchanan, S. et. al., 2016). Es por ello que el presente trabajo analiza las transformaciones que experimenta una estudiante de licenciatura en física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, participante de un curso de didáctica de la física, al abordar un proyecto de indagación e investigación para la enseñanza de la física moderna, a partir de tres variables: la enseñanza (modelo), el aprendizaje y el papel del conocimiento en la clase.

El enfoque del curso de didáctica de la física parte de construir y presentar una planeación de clase de física moderna para estudiantes de último grado de bachillerato, dado que analizar y cuestionar las preparaciones de clase que realizan los profesores en formación se constituye en un punto de partida necesario para mejorar la enseñanza. Cabe anotar qué estás preparaciones de clase suelen poner de relieve los esquemas interiorizados del modelo de clase que los profesores en formación han interiorizado a lo largo de su formación escolar, en particular la universitaria. Hacer conciencia de esto es el primer paso para transformarlo; por esto establecer patrones es una forma de modelar la experiencia, de dotarla de una estructura y una organización.

En la dinámica del curso de didáctica se plantea a los subgrupos de estudiantes que presenten ante el grupo clase, un campo problemático, situación, artefacto, o pregunta sobre el cual se desea saber; bajo

dos condiciones: que tenga que ver en alguna medida con física moderna y que se pueda concretar en el contexto de la casa, desde la perspectiva de Tonucci F., de considerar la casa como un gran laboratorio (Ayuso M., 2020) durante estos tiempos de emergencia sanitaria generada Covit 19, cuarentena que nadie eligió y que nos tocó vivir bajo la que los maestros jugamos un papel importante reinventándonos la escuela y la clase a través del uso del computador. Luego de ires y venires cada subgrupo encuentra una problemática, una situación ante la cual no se tiene una respuesta, pero se está en capacidad de construirla. Cuando se vislumbra como podría hacerse cada subgrupo tiene un proyecto. En cada proyecto se indaga, transforma, comparte y realizan actividades tendientes a dar cuenta del proyecto que se propuso. Posteriormente cada grupo planea la realización de una clase sobre su proyecto, orientada a estudiantes de la educación media, tiempo después de terminación del curso se le pide a los estudiantes una retroalimentación del proceso vivido a través de un cuestionario.

Modelar las planeaciones de clase permite representar y hacer explícito eso que permanece oculto, destacando los elementos característicos de la clase y las relaciones que existen entre estos. Hay algunos autores que, al respecto, van más allá, pues establecen, en cierta forma, que la experiencia humana es una constante construcción, aplicación, modificación y creación de modelos (Arca M., Guidonni, P. 2002) (Glasersfeld E., 2001) en el caso de las experiencias de intervención humana como la educación. Los modelos no sólo sirven para establecer y caracterizar lo que es una clase que se planea o que se realiza, también pueden configurarse para prescribir el debe ser de una clase.

La clase: sistema de posibilidades

Los docentes, en términos generales, pero en particular los universitarios, añoran que sus estudiantes participen, que tengan posiciones críticas e imaginativas y que asuman responsablemente los compromisos que se desprenden de la clase, sin embargo, en la mayoría de ocasiones se estrellan con una realidad contraria. Estos deseos no tienen cabida en los modelos usuales de enseñanza, que centran su protagonismo en la disciplina ya elaborada.

Modelar la clase se constituye en un proceso de representación para analizar el fenómeno que se presenta en el aula. La clase, en términos generales puede verse como un sistema que está compuesto por alguien o algunos que están dispuestos a aprender, por alguien que está dispuesto a enseñar y un currículo u objeto de conocimiento que se pone a circular, Para algunos el modelo de clase se explicita bajo relaciones entre los 3 componentes de este sistema, donde juega un papel determinante el objeto de conocimiento. Cuando el objeto de conocimiento en este sistema son los contenidos, los temas; la clase se aproxima al modelo de triángulo didáctico definido desde la corriente francesa de la transposición didáctica (Chevallard 2005), otros consideran que el objeto de conocimiento en este sistema lo conforman los materiales didácticos que se ponen a circular en la clase; propuesta del sistema educativo japonés (Torres J., Vergara L., 2009 pág. 29), que se utilizó la Secretaria de Educación del Distrito para impulsar la formación de maestros; para otros el modelo de enseñanza es un tetraedro con las mismas 3 partes recogidas en otro vértice que se denomina clase; Este modelo

permite tipificar 2 grandes modelos de enseñanza, uno centrado en la enseñanza y otro posiblemente en el aprendizaje, cabe anotar que resalta la generalización de lo que se denomina la clase tradicional, vista como sistema cerrado, asi como, las ventajas y posibilidades de la clase vista como un sistema abierto (Segura 2018). Cabe anotar que esta propuesta subestima el contexto donde la clase se realiza, que constituye un parámetro determínate en la caracterización delas clases y por ende en los modelos de enseñanza.

Pero, más allá de establecer las partes que configuran este sistema, conviene resaltar que son las relaciones entre estos, las que van a caracterizar la clase y van a derivar en un modelo de enseñanza. Para Burris (2005) el aula de clase puede considerarse como un sistema, y en esta medida sistema social, vivo y complejo donde las relaciones entre los actores (entre estudiantes, entre cada uno de estos y el profesor, los estudiantes como colectivo y entre todos estos y el saber que se pone a circular; garantizan la permanencia del sistema y gatillan los aprendizajes individuales y colectivos o cambian lo que sucede en cada quien. (Burris 2005)

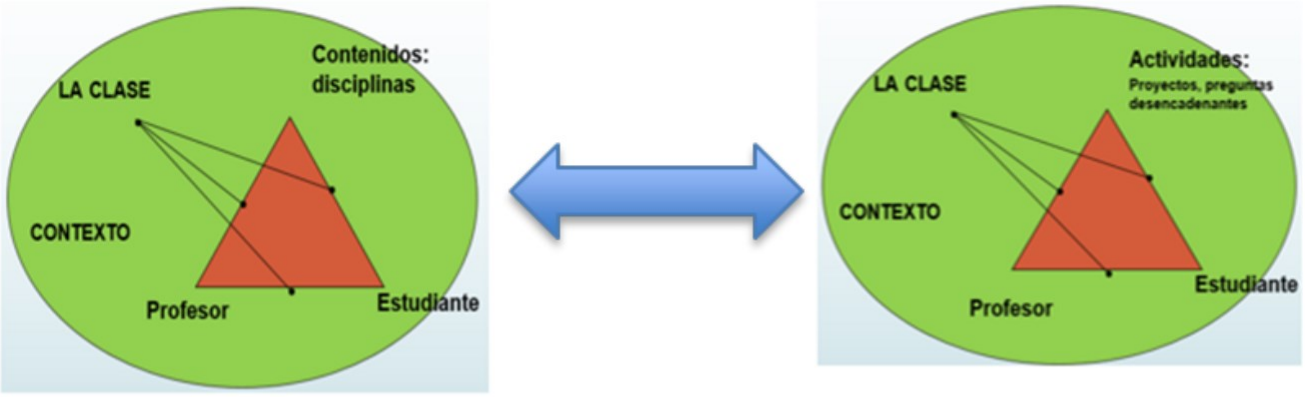
Este tetraedro didáctico puede verse como un sistema compuesto por partes: profesor, estudiantes y objeto de conocimiento, con unas relaciones que se dan entre estos; en donde los vértices del tetraedro no son las partes sino las relaciones que se dan entre estas. Estás relaciones, que constituyen la clase se dan en un contexto específico qué diferencian, una clase de otra, y en la cual influyen de igual forma otros factores como la cantidad de chicos, la edad de los mismos, los materiales, el estrato socioeconómico de la comunidad a que responde, si es un colegio privado o público, el barrio donde se ubica la institución, si es rural o urbano, la ciudad donde se ubica entre otros. (Figura 1)

Esta clase vista como sistema de relaciones constituye un modelo de enseñanza. Este sistema puede ser cerrado, centrado en el profesor y en una disciplina acabada y constituye en un modelo extremo que describe lo que suele denominarse como el modelo tradicional, en éste el contexto del aula y de la escuela es casi absoluto y se cierra a cualquier influencia del exterior y las relaciones entre las partes que se componen el sistema son vínculos casi emblemáticos, el flujo de comunicación es unidireccional donde las palabras se conciben como contenedores de significados que viajan del profesor que es el que sabe, al estudiante que no sabe y que asiste a la escuela a aprender. (Segura D., Arcos F., Pedreros R., 2005)

El otro extremo del modelo constituye un modelo de enseñanza centrado en el estudiante y en su aprendizaje, es un sistema abierto que proporciona múltiples contactos con el entorno, que genera sentido y protagonismo para sus actores, en donde las estructuras que caracterizan el aula y la institución se relativizan y se tornan flexibles, la comunicación es múltiple y el significado es una construcción colectiva, en donde la conversación y la discusión son los mecanismos de construcción de significado. Este modelo de enseñanza se ubica en el deber ser y difícilmente se puede implementar por las múltiples transformaciones que se puede provocar o suscitar en muchos actores de la escuela y fuera de ella; sin embargo, las relaciones que genera, suelen ser bastante significativas, generan sentido tanto para estudiantes, como para profesores.

Estos dos modelos de enseñanza son parte de los consensos, producto de la investigación desarrollada con docentes en ejercicio en el ámbito universitario y en instituciones de educación básica primaria, han logrado identificar desde diversas metodologías e instrumentos cuáles y qué características tienen los modelos de enseñanza.

Se puede afirmar que las prácticas de enseñanza que puede tener cualquier maestro, así como sus transformaciones, suscitadas por cualquier proceso de innovación, constituyen un estado de superposición de los múltiples modelos de enseñanza que pueden existir en medio de estos dos modelos extremos (figura 1). La enseñabilidad fluida constituye un espectro de múltiples modos y maneras de enseñar que definen y caracterizan las prácticas de los maestros en las aulas de clase, y que están sujetas a transformación desde vivencias que demuestren mas y mejores posibilidades de aprendizaje. En estos tiempos líquidos los absolutos desaparecen y lo fluido constituye una forma de adaptarse y cambiar característica de esta modernidad líquida (Bauman 2013) Desde esta perspectiva moderna los maestros nos movemos siempre en algún modelo de enseñanza fluida.



Es un sistema cerrado Flujo de energía

- Se restringe a la disciplina acabada.
- No conduce a nada nuevo
- No genera sentido
- El sistema se reduce a lo que ya se sabe: el contenido. Y esto es lo que lo justifica.
- Preguntas para ver contenidos
- Compromiso con la **enseñanza**
- **Centrada en el profesor**

Es un sistema abierto Flujo de masa energía e información

- Múltiples contactos con el entorno
- Genera sentido
- El sistema se abre y permite la creación y la invención.
- Las disciplinas al servicio del proyecto, lo orientan
- Compromiso con el **aprendizaje**
- **Centrada en el estudiante**

Figura 1 Enseñabilidad Fluida entre la clase como un sistema cerrado (izquierda) y la clase como un sistema abierto (derecha).

En este sentido, modelar las planeaciones de clase le va a permitir al docente en formación, por un lado, hacer conciencia y reconocer los supuestos que orientan su práctica pedagógica, así como valorar y emprender acciones que se orienten hacia prácticas y modelos de clase articulados con el "deber ser". Los modelos de clase usuales se ajustan a contextos específicos que los profesores en formación han vivido en la universidad oficial y los modelos ideales hacen parte del "deber ser" y por tanto, no hacen parte de un contexto definido. Estos dos modelos constituyen los extremos de la enseñabilidad fluida que se mencionó anteriormente

La vivencia de la indagación

Generar ambientes para que los estudiantes se formen como profesores de física y puedan vivir experiencias de indagación e investigación en torno a la realización de preguntas y proyectos, logra transformar las ideas de conocimiento, aprendizaje, enseñanza y experiencia de los futuros profesores. Esta situación, además, pone de manifiesto la hipótesis de que es mejor enseñar lo que se sabe a partir de la experiencia reflexionada, puesto que permite al futuro docente empoderarse como sujeto profesor de ciencias con identidad propia (Bolivar, 2006). Igualmente, se estima adecuado incorporar vivencias de aprendizaje a partir de ejercicios formativos similares a los que el estudiante de licenciatura en física podrá encontrar en su campo laboral.

Otro valor formativo de la vivencia de la indagación se encuentra en el cuestionamiento que hace el estudiante sobre su propio conocimiento profesional (Reyes, 2013, en Martínez y Valbuena -comp. 2013) que para el caso del docente de física implica comprender la reflexión acerca del conocimiento didáctico del contenido (Reyes, 2016) y sobre todo la necesidad de cambios didácticos en sus procesos formativos (Piza y Reyes, 2017).

La hipótesis señalada se articula y le da sentido a las preguntas de investigación: ¿Cómo se transforman las relaciones entre conocimiento físico, la experiencia, el aprendizaje y la enseñanza que generan el contexto en el que participa una profesora de física en su formación inicial (de 9 semestre), cuando asume la búsqueda, exploración e investigación en la realización de proyectos específicos propios? ¿Cuáles son las características del modelo de enseñanza que emergen de las primeras planeaciones de su clase? ¿Qué actividades adelanta en su proceso de aprendizaje basado en la indagación para tratar de dar cuenta de la resolución del proyecto? ¿Cuáles son las características del modelo de enseñanza que emergen de la planeación final, posterior a la vivencia de la indagación?

Metodología

Este estudio se sustenta desde un paradigma de carácter cualitativo (Hernández et. al, 2010) en tanto asumió un enfoque interpretativo (Silverman, 2015) que utiliza los guiones de las planeaciones de clase de física moderna para estudiantes de último grado de bachillerato, los informes de las actividades adelantadas frente a la construcción de explicaciones ante un proyecto que cada pequeño grupo de profesores en formación decide abordar y las planeaciones de clase sobre el proyecto que realizaron,

para el caso de la enseñanza de la física moderna. Todo esto en el marco del seminario de didáctica III, espacio académico perteneciente al noveno semestre de la formación de licenciados en física que se realiza en la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas" de la ciudad de Bogotá, universidad perteneciente al sector oficial de la educación y financiada por el estado.

Luego de realizar en varias oportunidades este curso de didáctica en la universidad, durante las 3 últimas versiones recopile documentos, textos, procedimientos, realice entrevistas con el ánimo de comenzar a compartir algunos de los hallazgos de esta innovación educativa en la formación inicial de profesores de física. Las fases que incluyó la realización de esta investigación aparecen descritas en la figura 2. Aproximarse a comprender el contexto de formación que se da cuando un profesor de física en formación, aborda una propuesta de Aprendizaje Basada en la Indagación de preguntas o proyectos; con la intención de realizar acciones formativas a otros profesores en pre servicio o a estudiantes de media vocacional, supone un mapeo de información relevante, que permita relacionarse con autores que hablen sobre modelos de enseñanza, innovadores y que cuestionen las prácticas usuales de enseñanza centradas en el profesor y en contenidos acabados; comenzando por aquellos que hayan realizado estados del arte en torno a cada una de estas estrategias. Luego de seleccionar, realizar una lectura reflexiva al respecto, se establecen unas categorías a tener en cuenta para interpretar las dinámicas de la clase.

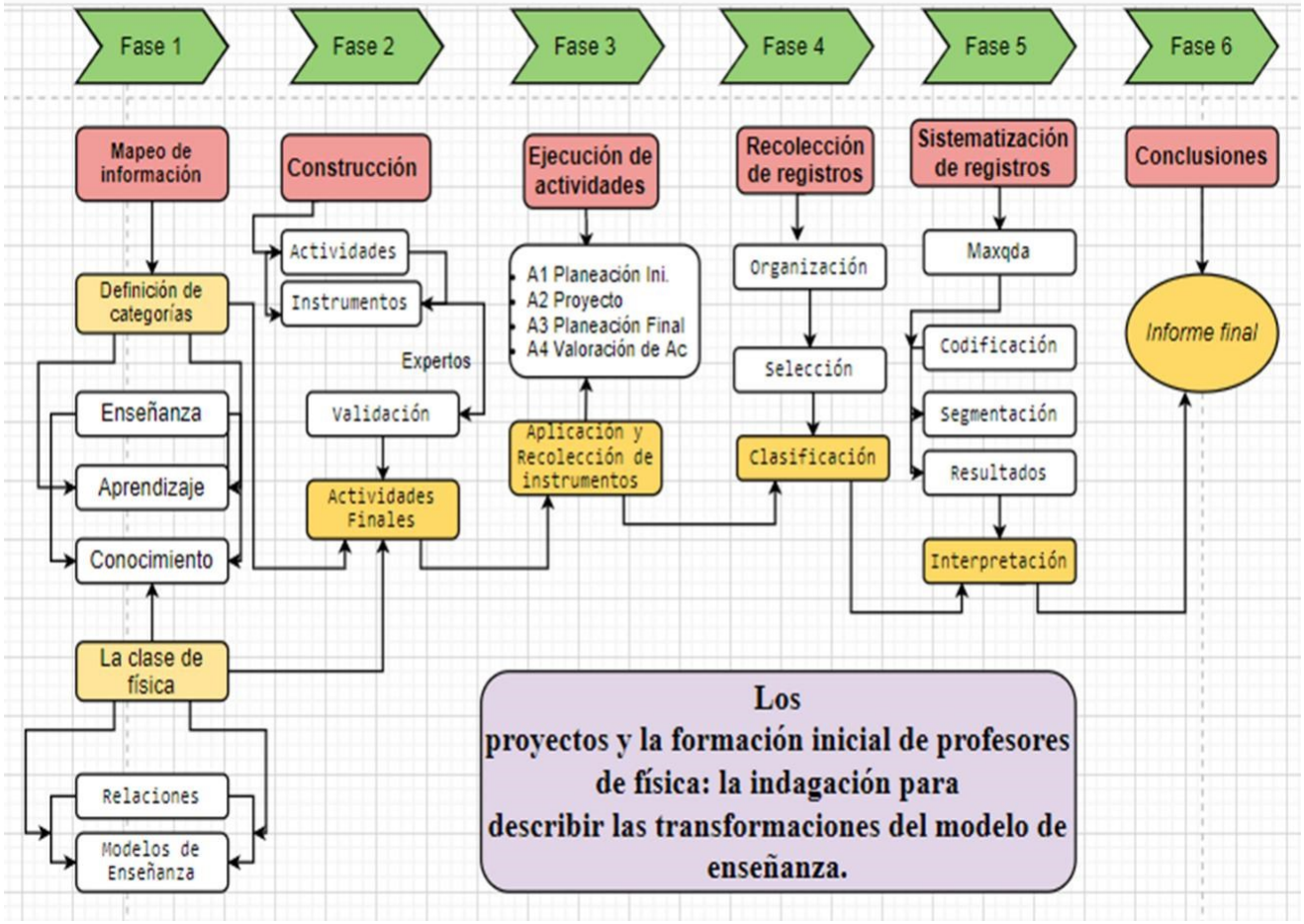


Figura 2 Las fases del proceso metodológico que involucra el desarrollo del proyecto de investigación

En una segunda fase se valoran las actividades que se realizan en el curso y se seleccionan las actividades que se van a tener en cuenta en esta investigación, así como los instrumentos con los cuales se va a realizar la lectura del proceso. Los instrumentos se validan con los compañeros del grupo de investigación INVESTUD CN (https://comunidad.udistrital.edu.co/investudcn10/mision/). La estrategia de innovación del curso, contempla la realización de las actividades previstas, así como la aplicación de los instrumentos seleccionados: se recolectan las primeras planeaciones de clase de los estudiantes al inicio del curso, los procesos de construcción, indagación y concreción del proyecto; así como la planeación final de clase que se realiza en la última etapa del curso y por último recolectó los imaginarios del proceso vivido por los profesores en formación, tiempo después de haber cursado este espacio académico, mediante un cuestionario. Los registros se organizan, se seleccionan y se clasifican. Con la ayuda del software de MAXQDA los documentos se suben, se codifican y segmentan, y finalmente los resultados se interpretan. Es de resaltar que se opta por el estudio del caso de Diana, que ilustra el proceso de transformación del modelo de enseñanza, es de resaltar que Denzin y Lincoln consideran el estudio de caso, como una estrategia de indagación es decir como una metodología en su sentido más amplio (Denzin y Lincoln, 2005)

La dinámica del curso

En una primera fase del curso la estudiante Diana, al igual que todos sus compañeros, diseña la planeación de una clase sobre física moderna para estudiantes de grado 11 de la educación media: Modelos atómicos. (Figura 3) Estas planeaciones de clase se comparten y se reflexiona sobre los aspectos más relevantes relacionados con los actores o el objeto de conocimiento que el profesor hace circular en el aula. Este proceso permite establecer que la idea más generalizada de planear una clase de física, está asociada a la de exponer un tema, un contenido de la física. Estas reflexiones se apoyan en la lectura y discusión sobre los intentos de varios autores por llevar la física moderna al bachillerato. (osterdam), ()

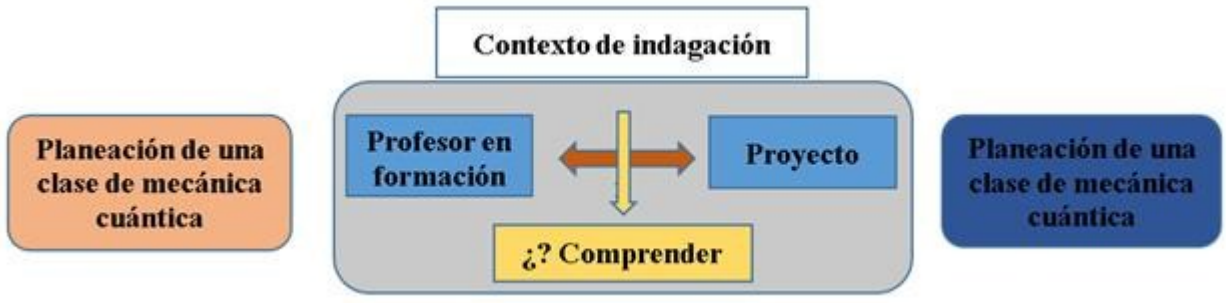


Figura 3. Esquema del proceso seguido por Diana en su vivencia durante el curso

En la fase siguiente se le solicita a Diana, al igual que, al resto de sus compañeros, que se organicen por grupos de 2 o 3 estudiantes con el ánimo de consolidar un proyecto entorno a la física moderna, sobre el cual se quiera trabajar y que se pueda concretar en alguna situación, actividad o dispositivo que exista en la casa, considerada ésta como nuestro gran laboratorio, después de varios intercambios Diana y su compañero (que al poco tiempo se retira) logran concretar un campo de interés sobre las imágenes diagnósticas, dado que por la casa éstas andan por ahí, a la espera que el especialista las interprete. ¿Cómo se producen?, ¿Qué tipo de interacciones se producen entre los dispositivos que las toman y el cuerpo humano? En la figura 4 se aprecia un listado de los problemas a los que estos estudiantes les pueden dar solución y los orígenes que fueron el punto de partida, llegar a esto no fue inmediato requirió: pensar, reflexionar, compartir. Estos problemas son el motor de las indagaciones posteriores y se tornan en el inicio de la búsqueda.

Diana se dio a la tarea de indagar los contenidos para incorporar a su propuesta, en este orden de ideas, seleccionó, organizó y sistematizó la información respecto a la imagenología, en conexión con los temas de la física moderna que pueden ser abordados en la educación media. Cabe anotar que la indagación acota las acciones que se realizan, de todas las imágenes diagnósticas, Diana decide estudiar solo 3, el conocimiento que construye le posibilita nuevos entendimientos y nuevas habilidades, se puede afirmar que la información pasa de ser algo general a convertirse en un conocimiento específico.

Como se aprecia Diana, en todo momento tuvo libertad para escoger su problema, buscar dónde y con quien quiera, en este sentido el ejercicio de la autonomía es algo característico del curso. Las equivocaciones que Diana realizó, no se castigan se asumen como oportunidades de aprendizaje.
La estudiante comparte con el grupo sus hallazgos y construcciones de la planeación de la clase, resultado que se materializó en un módulo de imagenología para la enseñanza media al interior de la clase de física. El contexto de indagación seguido por la estudiante estuvo lleno de momentos de valoración formativa, frente a las búsquedas, énfasis y posibles caminos que surgieron en las retroalimentaciones que se realizaron en los momentos de socialización de los avances.

Este proceso estuvo acompañado por preguntas y comentarios del grupo y del profesor del curso. Esta estrategia promueve la participación de los estudiantes y por ende una transformación en las relaciones que se establecen entre ellos y entre estos y el profesor. Emergen unas formas de comunicación que posibilitan aprender del otro, de las interacciones que se viven en el colectivo, en donde la estudiante o cualquier chico, se constituye en una aprendiz activo y reflexivo.

Finalmente, la estudiante, tiempo después de tomar el curso, desarrolla una reflexión sobre el proyecto vivido a partir de un cuestionario.

La información de cada una de estas fases se recolectó y sistematizó mediante el software MAXQDA® atendiendo a los criterios generales de análisis de contenido cualitativo.

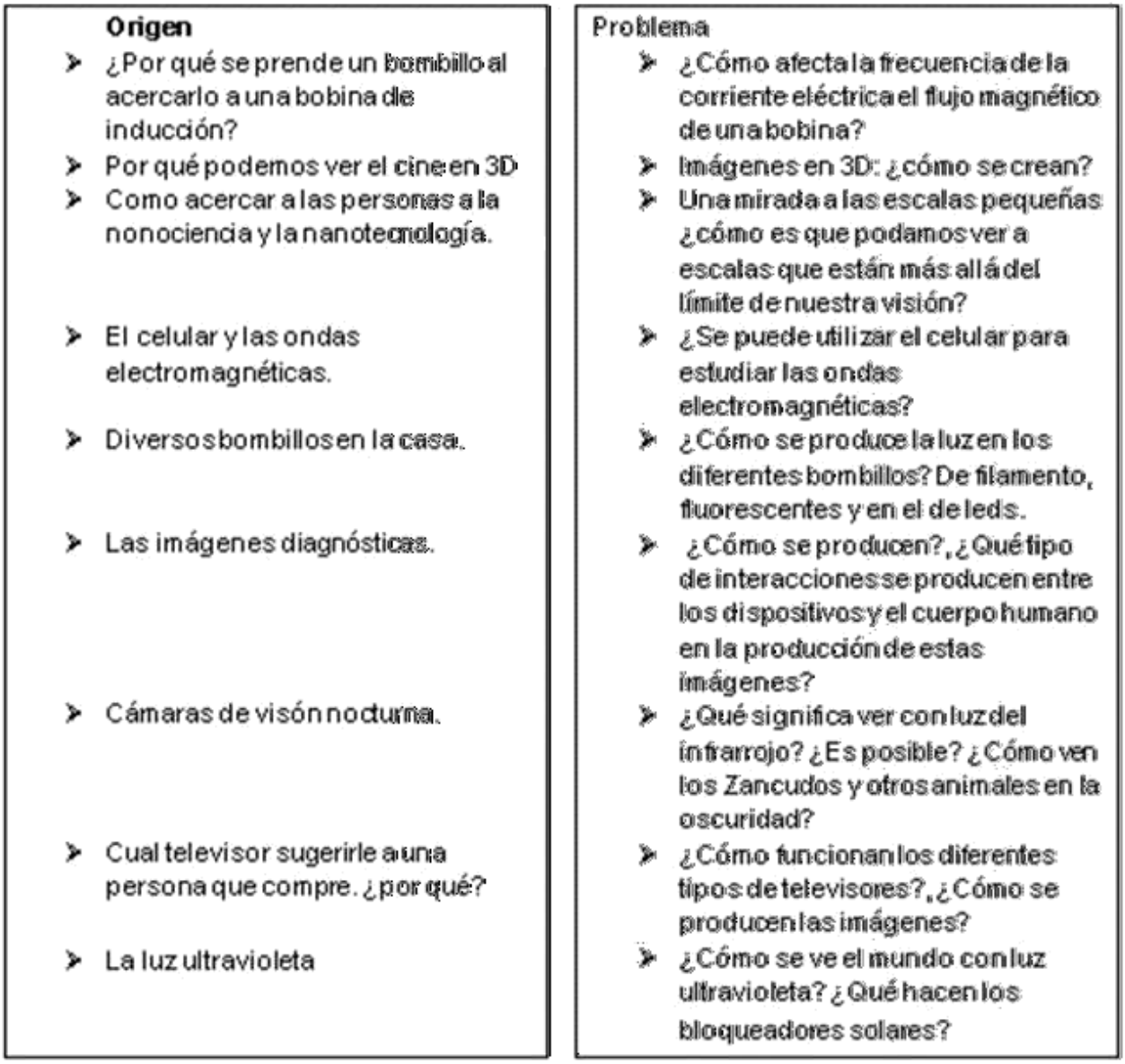


Figura 4 Lista de problemas (Derecha) y sus orígenes (izquierda) base de los proyectos de los estudiantes

Análisis de resultados

El proceso de sistematización y análisis de la información permitió la configuración de categorías propias de la enseñanza y la didáctica de la física para el caso en estudio. Desde un enfoque de análisis de contenido (Bardin, 1986; Krippendorff, 2004, 2012) se construyó la interpretación de la información considerando la perspectiva semántica en el establecimiento de relaciones discursivas entre lo declarado por la profesora en formación inicial (Diana[1]) y los referentes teóricos de la didáctica de las ciencias.

[1] Se ha cambiado el nombre para efectos de este informe de investigación y proteger la identidad de la profesora en formación inicial.

Modelo de enseñanza: centrado en el profesor con aperturas hacia el aprendizaje activo

En primer lugar, para el caso de Diana, su planeación previa al desarrollo del proyecto evidencia un énfasis que se hace es en las acciones que realiza el maestro para suministrar información a los estudiantes. Esta situación se observa cuando Diana indica, en su planeación de su clase, sus objetivos como maestra de la siguiente manera:

> *Explicar históricamente los diferentes modelos atómicos que hay.*
> *Dar una posible clasificación de los modelos atómicos, los más representativos.*
> *Caracterizar cada modelo atómico.*
> *Enseñar las partículas elementales*

Como puede observarse, esto supone un dominio conceptual por parte de Diana respecto de la información y contenidos de la física, así como de su historia, entre otros campos del saber. Por tanto, para Diana el acto de enseñar obliga al profesor a tener conocimientos de los contenidos como condición necesaria para explicar, ejemplificar, caracterizar, donde se identifica una intención de informar un sistema de organización o clasificación de los modelos atómicos.

En este sentido, se evidencia dominio temático de los modelos atómicos y sus características por parte de Diana, donde la acción que a su juicio se debe adelantar ante los estudiantes consiste en clasificar los modelos atómicos y principalmente enseñanza se propone representar el modelo de partículas elementales. Aquí, el proceso destaca la tríada “enseñar"- "dar"- "caracterizar".

Llama la atención que Diana asume la idea de poder dar cuenta de todos los modelos atómicos que se reconocen históricamente, y también que en esta sección de la planeación previa todo indica una perspectiva de modelo de enseñanza centrado en Diana como profesora.

En otra sección de su planeación previa, Diana dejar ver aspectos de su orientación de la enseñanza relacionados con un carácter instruccional en lo que tiene que ver con lo que ella denomina la metodología:

> *Metodología:*
>
> *Para que la información quede resumida y clara, se le pide al estudiante que realice un cuadro comparativo, en el que se encuentre suministrado, los modelos (con su respectiva imagen), el científico, el año, la caracterización y las diferencias.*
> *En otro cuadro, clasificar las partículas elementales y dar una breve explicación de cada una.*

Nótese que para Diana la metodología de la clase consiste aquí en destacar las acciones de explicar, clasificar y caracterizar por parte de los estudiantes, siguiendo una instrucción específica en cuanto a la forma de realizarlo (cuadro comparativo). Una pregunta que surge aquí consiste en cuestionar si ¿para Diana se establecen acuerdos tácitos con sus estudiantes sobre acciones diferenciadas en donde cada una de las partes, profesor y estudiante, identifican, regulan y aceptan, mientras dure la clase?

Ahora bien, dado que para Diana la transmisión de información es relevante, las estrategias asociadas demandan al estudiante organización de la información basada en lo que Diana quiere ver. Llama la atención el rol del estudiante que Diana le da en esta clase. La acción del estudiante se reduce de manera explícita a tomar buenos apuntes, con los datos más significativos de cada modelo atómico y su representación, lo mismo para el modelo de partículas. Para tomar estos apuntes debe poner atención al maestro. Las acciones del estudiante son, entonces, una consecuencia lógica de las acciones del profesor. Implícitamente esta es la clase en la que el estudiante aprende de las explicaciones que el maestro da en la clase y que el estudiante registra a través de estos cuadros, en sus apuntes para activar una forma de registro *claro y resumido*, que entre otras cosas servirá como forma de evaluar.

Énfasis en la información: teoría

Inicialmente, para Diana la acción fundamental que debe tener el maestro es la habilidad para manejar la teoría que proporciona la disciplina, que se constituye en la fuente de las acciones que ella va adelantar en el aula para suministrar la información a los estudiantes, por esto sus principales objetivos fueron:

> *Explicar históricamente los diferentes modelos atómicos que hay.*
> *Dar una posible clasificación de los modelos atómicos, los más representativos.*
> *Caracterizar cada modelo atómico.*
> *Enseñar las partículas elementales*

Cabe precisar que la información que debe dominar el maestro para poder impartir la clase, está relacionada con los resultados de lo que ha llegado la física misma a lo largo de su historia, en particular de los modelos atómicos y como se llegó a ellos. El dominio de la historia de la ciencia y de la evolución de las teorías científicas, así como el dominio conceptual de la teoría física son acciones que definen al maestro.

Un rasgo que llama la atención del rol que Diana le da al profesor consiste en la realización rigurosa de las acciones dentro de la triada “enseñar"- "dar"- "caracterizar" en el contexto del aula, las cuales resultan idénticas a la exposición de un tema o situación por parte de un conferencista. En otras palabras, la clase se asimila a la presentación de una conferencia y la preparación tácita de la clase específica las acciones que debe cumplir el conferencista, saber y organizar el contenido de lo que se va exponer (contenido del mensaje) en la conferencia, el rol de los participantes en la conferencia copiar organizadamente los contenidos en una tabla (significado de lo que es la comunicación) y las evidencias que la conferencia logró su fin registros en tablas organizadas de determinada manera (evidencias de que el mensaje llegó sin alteraciones) en este sentido el acto de comunicación se concibe como la emisión de mensajes inalterables entre el emisor y el receptor es decir entre el profesor y el estudiante.

En este sentido el profesor (centro de la acción didáctica) es la fuente y el poseedor del mensaje, es el que lo emite, y este fluye a través de sus palabras, que se constituyen en los contenedores de significado que son recibidas e incorporadas por el estudiante sin sufrir mayor alteración. Si por alguna razón el mensaje se distorsiona para el estudiante receptor, se debe volver a repetir el mismo por la misma fuente.

Elaboración del proyecto

En la etapa intermedia de la vivencia de Diana en el Seminario de Didáctica de la Física III, ella comienza a seleccionar una pregunta e indagar sobre la misma y a transformar las acciones que se adelantan a partir de la información que recolecta. Todo esto con miras a configurar su proyecto de enseñanza de imagenología. En este proceso presentó avances al profesor y su grupo de compañeros, resultado de lo cual elaboró su versión final del proyecto para desarrollarlo.

Los trabajos prácticos se re -significan

Diana reconoce que su vivencia en el proyecto influyó notablemente en cuestionar su planeación inicial de la clase, en donde le había dado protagonismo a lo teórico y centrado en el modelo de partículas:

> *[la vivencia del proyecto influyó…] En todo, porque desde un principio me había enfocado en las partículas elementales y todo muy teórico, no tenía presente hacerlo de una forma más atractiva para los estudiantes.*
>
> *Ahora me siento satisfecha con la planeación realizada porque sé que es un tema de interés y que se pueden hacer laboratorios en casa sin necesidad de equipos tan sofisticado, no obstante, si se puede llevar esta planeación a esos equipos, se haría la clase aún más interesante*

Para Diana la clase que se presenta al final de curso difiere de la que se pensó en un principio no solo por la temática que se planteó, también por el modelo de enseñanza que pasó de ser teórico, como ella afirma, a ser un enfoque de mayor protagonismo del estudiante.

En este sentido Diana deja ver la transformación de sus intenciones iniciales en los niveles señalados, así como en el valor que le asigna a la relación entre conocimiento científico y conocimiento para la enseñanza. todo esto como resultado de haber vivido ella misma el proyecto.

Ahora bien, teniendo en cuenta que este proceso se vivió en tiempos de la emergencia sanitaria generada por el COVID 19, Diana expresa su emoción favorable hacia la planeación en tanto descubre el potencial de interés del tema con los estudiantes, así como estrategias concretas de trabajo en casa, como laboratorios prácticos. Igualmente distingue posibilidades de acción con los respectivos equipos en tiempos de presencialidad llama la atención que a su juicio la transformación de la planeación fue total en los aspectos señalados

Sumado a lo aquí señalado, Diana también reflexiona sobre los trabajos prácticos que podrían realizarse en una nueva oportunidad a partir de su vivencia en proyecto:

> *Le agregaría una simulación a cada experimento, ya que no me fue posible encontrar algo en la red que contuviera lo que quería mostrar y mejoraría el*

orden de los experimentos ya que lo dejé todo al final, así que haría teoría – práctica, teoría – práctica y teoría – práctica.

Diana considera dos aspectos para una nueva planeación de la clase a partir de su vivencia el primero la incorporación de simulaciones, mediada por una intención pedagógica, esto revela su autoconocimiento como profesora que selecciona los materiales de enseñanza de acuerdo con su vivencia y su intención. En segundo lugar, Diana cambiaría la estrategia de realización de la clase procurando que la realización de las actividades que aborda el estudiante se den a lo largo de la misma y no quede concentrada hacia el final como se presentó en la planeación. Esto se constituye en una evidencia de la reflexión pedagógica de las acciones que se pensaron para el aula de clase.

En esta categoría de modelo de enseñanza se logra evidenciar como Diana planeó una clase de física sobre el modelo atómico desde un enfoque transmisionista centrado en el profesor, pero a partir de su vivencia en el proyecto de imagenología, su enfoque comienza a considerar otros aspectos que evidencian mayor protagonismo del estudiante y vinculaciones de los temas tradicionales de la física con los trabajos prácticos y el uso de recursos educativos abiertos.

La reflexión que realiza Diana, posterior al proceso adelantado en el curso del seminario de didáctica con relación a la diferencia entre las planeaciones de clase que realizó al inicio del curso, vivir la realización del proyecto de imagenología y la planeación de clase que realizó al finalizar el mismo, es contundente, en particular su nivel de satisfacción y agrado con el trabajo realizado. Así, para Diana la clase que se presenta al final del curso difiere de la que se pensó en un principio no solo por la temática que se planteó, también por el modelo de enseñanza que pasó de ser teórico como ella afirma a ser un enfoque de más protagonismo por parte del estudiante. En este sentido Diana deja ver la transformación de sus intenciones iniciales en los niveles señalados, así como en el valor que le asigna a la relación entre conocimiento científico y conocimiento para la enseñanza. Todo esto como resultado de haber vivido ella misma el proyecto.

Los trabajos prácticos surgen, entonces, como una alternativa que por un lado mantiene el interés por la problemática, y por otro lado, que se pueden adelantar desde la casa. Es de resaltar que la vivencia en torno a la compresión del proyecto le permitió a Diana comprender la física moderna de las imágenes diagnósticas y el cómo logro hacerlo, le permite planear actividades que al ser realizadas por ella en la vivencia del proyecto, las traslada al campo de educativo, bajo la premisa de que: si ella logró hacerlo siguiendo estos pasos, cualquier estudiante incluso puede realizarlas.

En esta medida el proceso de indagación vivido en torno a la comprensión de las imágenes diagnósticas le permite valorar las actividades prácticas como estrategia para mantener el interés en el proyecto, así como en la planeación de la clase. Se puede afirmar que la vivencia del proyecto también incide en la transformación de sus apreciaciones con relación a la enseñanza. Cabe anotar la sorpresa de Diana al encontrar que la física moderna o cuántica puede ser abordada en el bachillerato a través de actividades prácticas que los estudiantes pueden abordar con materiales de la cotidianidad que se pueden conseguir en la casa. Y que no solo se pueden trabajar desde la casa, en estos tiempos donde los procesos educativos se realizan con el apoyo de la virtualidad que posibilita el uso del computador; sino que también se

pueden adelantar en tiempos de presencialidad con el acceso a estos dispositivos existentes en laboratorios de universidades o de centros de diagnóstico. Esto desde el punto de vista de Diana haría de la clase algo más interesante.
Por otra parte, en su reflexión final Diana destaca las tres actividades que adelantó para resolver su proyecto:

> *Realicé tres laboratorios caseros, para explicar la idea de las imágenes diagnósticas, que fueron, el análisis de escala de grises en unas resonancias magnéticas, la realización de un circuito eléctrico para explicar cómo se da el proceso de información entre neurona y neurona desde la sinapsis eléctrica, y finalmente una tomografía casera, dándose su creación a partir de cartulina negra, lápiz blanco, un punzón y una linterna.*

Nótese que en su declaración no solo aparece el nombre de la actividad sino la intención de la misma para la enseñanza. específicamente recurriendo a argumentos teóricos (Científicos)
Esto implica reconocer que Diana a través de la indagación propia logra incorporar conocimiento científico en la comprensión del fenómeno, y también incorporar conocimientos para la enseñanza son indicios que la vivencia por proyectos, involucran a Diana como profesora de física en sus dimensiones científicas y culturales

Actividades propuestas por Diana

La realización de las actividades propuestas por Diana, aparecen en la última parte de la planeación final de clase; Según el guion propuesto por ella las primeras diapositivas de la planeación tienen la intencionalidad manifiesta, para que el profesor realice un contexto histórico del origen de los Rayos X (este contexto histórico ella lo sintetiza y lo acompaña secuencialmente del uso de las diapositivas), como complemento a este relato propone la explicación con 2 gráficas, de la absorción de los rayos X en diferentes materiales y en particular en el cuerpo humano (escala de grises). Una vez realizado este relato procede a la explicación de la tomografía, el funcionamiento del dispositivo con el cual se toma esta imagen, la interacción de los rayos x con el cuerpo, la diferencia con los rayos X convencionales, la evolución del dispositivo con el aumento de detectores, la rotación, el uso de contrastes (isótopos que se utilizan) esto permite establecer las diferentes clases de tomografías.
Algo análogo realiza para explicar las imágenes que se obtienen con la Resonancia Magnética Nuclear en este sentido resalta como estas imágenes no se obtienen como resultado de la interacción de la radiación con la materia, en este sentido no es un método invasivo, sino que son el resultado de la interacción de un campo magnético potente sobre el cuerpo, ondas de radio y un computador:

> *Las resonancias magnéticas muestran esencialmente la distribución de agua (H2O) en el organismo. Pues sus hidrógenos, son orientados por el campo magnético exterior, absorben la radiación y la devuelven de nuevo; localizando la procedencia de esa radiación interior, es posible efectuar un mapa interior del cuerpo. El campo magnético genera una diferencia de energía que se ve reflejada como un cambio en el espectro.*

La imagen de RMN es el resultado de esta interacción.
La tercera parte de esta explicación que debe realizar el maestro, la dedica a explicar de forma análoga

a las anteriores, las imágenes obtenidas de un electroencefalograma: comienza con el contexto histórico de la actividad neuronal, como se detecta la actividad eléctrica del cerebro, la comunicación entre las neuronas, en particular la sinapsis eléctrica; la clasificación de las ondas cerebrales y los estados de actividad con los que se puede asociar. Cómo se detecta tal actividad y las imágenes que la caracterizan. Luego de esta disertación por parte del maestro apoyada en las imágenes y vídeos que amplían el discurso se llega a la parte de laboratorio

Es de resaltar que la estructura de la planeación de la clase de Diana conserva una estructura teoría – práctica, similar de la de una clase típica, donde el profesor explica los modelos físicos establecidos, por ejemplo, la ley de Hooke y posteriormente pasa a la práctica el laboratorio de la ley de Hooke (en esta parte es donde literalmente los estudiantes establecen una relación directa entre el peso y estiramiento del resorte).

La propuesta de clase de Diana contiene 3 trabajos prácticos en los cuales especifica los materiales que va a utilizar para cada uno de ellos, las actividades que se van a realizar, los tiempos de duración a tener en cuenta en la clase para cada una de ellas, las intencionalidades de lo que se busca con cada actividad en el contexto de virtualidad en la que esta se realiza, las diapositivas que el profesor debe utilizar en la clase, así como unos videos ilustrativos que acompañan la realización de cada una de estas actividades y que señala en qué momento mostrarlos. Termina con una actividad de reflexión. Cabe anotar que en el guión de clase se especifica el paso de lo que debe hacer el maestro para llevarla a cabo (Figura 5)

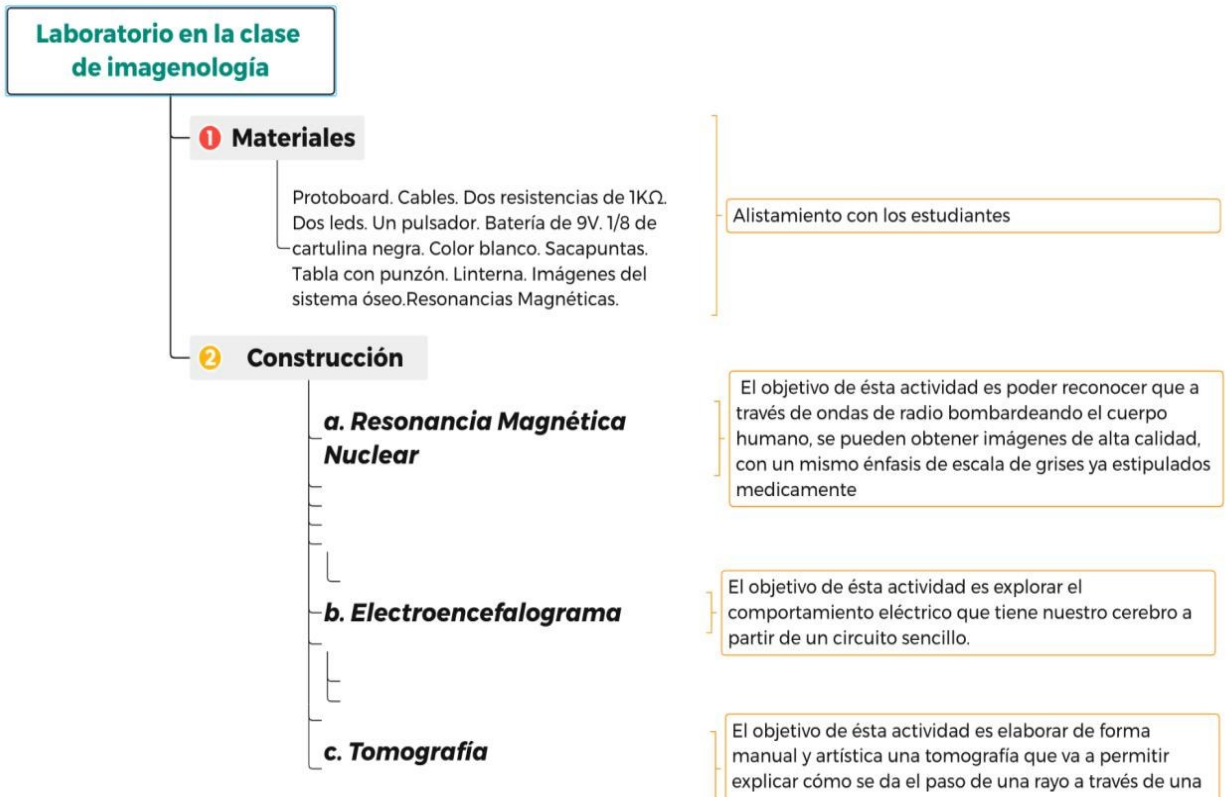


Figura 5: laboratorio de la clase de Imagenología. Aparte del guión de la clase de Diana

Llama la atención que el recuento de las actividades a realizar las nombra como ***laboratorio,*** término posiblemente acuñado de la dinámica de las clases de física que se toman en la universidad, donde laboratorios se refiere a la actividad genérica que complementa las clases teóricas en cada una de las asignaturas que los estudiantes universitarios cursan. Esta denominación no solo se refiere a la acción misma de realizar la actividad propuesta, sino al informe de laboratorio que se le pasa al maestro con fines evaluativos y que constata su realización.

Los puntos que aborda para realizar el Laboratorio son dos *Materiales* y *Construcción* que jerarquiza en el guión, con los puntos 1 y 2. En el punto ***1 Materiales*** aparece una lista de materiales a utilizar en las actividades. A propósito de este listado nótese que estos materiales se encuentran asociados al desarrollo de las actividades de enseñanza que propicien contextos de aprendizaje en los estudiantes. Ahora bien, al detallarle estas actividades con estos materiales se observa que Diana lo que propone aquí es algo alternativo al laboratorio usual y además posee una alta carga de trabajo manual por parte de los estudiantes con los diferentes materiales. El punto ***2 Construcción*** lo conforman tres actividades numeradas con letras *a Resonancia magnética Nuclear*, b *electroencefalograma*, c *Tomografía*.
La actividad a. *Resonancia magnética* busca identificar de acuerdo con la escala de grises la composición de las imágenes que se observan. En este momento hay simultáneamente dos acciones, por un lado, se presentan las imágenes de apoyo que describen implícitamente la actividad que debe hacer el estudiante y por otro la actividad que debe realizar el estudiante con las imágenes que se le solicitaron para que adelante en las que él tiene tal contraste.



Figura 6 diapositiva que sugiere el maestro se presente mientras el estudiante realiza el contraste con la escala de grises. Fuente diapositivas de la clase de Diana

Nótese que esta actividad de trabajo práctico implica que los estudiantes puedan, por contraste de la información, identificar en la resonancia los diferentes tonos de grises de acuerdo con la escala. Esto como un mecanismo de identificación de la diferencia de energía que propicia el potente campo magnético al que expuesto el cuerpo y que se ve reflejada como un cambio en el espectro; este cambio de radicación en el momento de relajación de los átomos del órgano del cuerpo, permiten determinar regiones del cerebro que podrán ser caracterizada por los profesionales y expertos del campo. Esta estrategia procura que los estudiantes desarrollen la capacidad de establecer comparaciones utilizando información científica en la interpretación de imágenes diagnósticas.

Por otra parte, el uso de las imágenes diagnósticas se puede interpretar a partir de la lectura de la escala de grises que aparece en la diapositiva. Esta situación revela la relación Ciencia tecnología sociedad ambiente (CTSA)en tanto cualquier persona de la sociedad puede basarse en escala fundamentada en objetos y sustancias que le son familiares para diferenciar de partes de su cuerpo

La actividad b *electroencefalograma* comprende una primera parte un montaje que se realiza con un protoboard con el que se pretende ilustrar la actividad eléctrica del cerebro apoyada con una diapositiva de cómo verse el resultado del montaje y un video que ilustra la actividad eléctrica del cerebro y cómo se detecta.



Figura 7: Se ilustra el montaje con los Leds que debe realizar cada estudiante. Fuente: proyecto de clase de Diana

Con el montaje que se realiza en el protoboard se pretende ilustrar cómo se comunican las neuronas para la transmisión de información. Con este montaje se plantea un modelo tangible de orden analógico donde el protoboard es al cerebro como los cables y los leds son a las neuronas, donde la secuencia de encendido de los leds se asume que hay actividad neuronal en tanto se activa el pulsador y hay comunicación con otras neuronas. El pulsador es lo que desencadena la activación de las neuronas. Este modelo es reproducible por parte de los estudiantes ya sea en actividades en el colegio o en casa y supone que el estudiante tiene un manejo de este dispositivo (protoboard) para el montaje de circuitos.

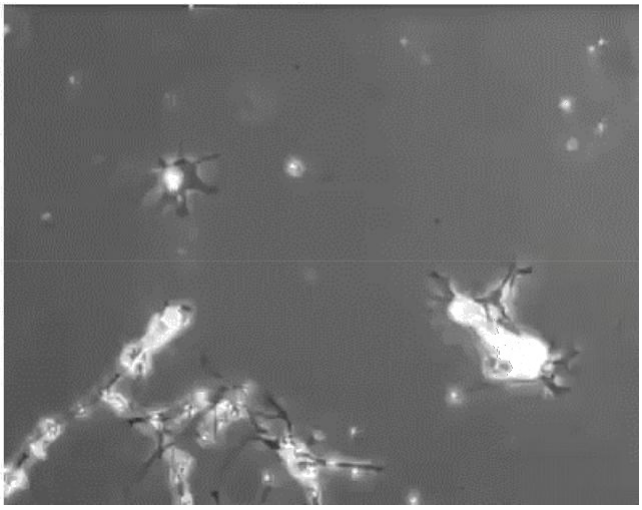


Figura 8 imagen del video donde se ilustra cómo se activan las neuronas en el cerebro al paso de la información.

Se le sugiere al maestro en este momento presentar un video (https://youtu.be/zMM4ywUutpg), en el que se muestra (Figura 8) la continua activación de neuronas a través de procesos sinápticos desde una perspectiva química y eléctrica. Esta activación deja un rastro que se puede detectar con los electrodos de un electroencefalograma.
Este video busca complementar la analogía de la comunicación entre neuronas, que se construyó en el circuito del protoboard, al plano de la biología del cerebro.

La actividad c *Tomografía* comprende la realización práctica de un material que se elabora manualmente y para el cual se dan las indicaciones, una vez se realiza el diseño de la mano punzada, se hace incidir una luz sobre la misma, la luz atraviesa cada punto y se ve por detrás y en una pantalla la imagen de la mano, con esta interacción se busca representar la interacción de los rayos x con la materia y como esta se puede representar en una imagen.
Para el caso de la tomografía la profesora se propone establecer una analogía práctica de corte artístico de cómo pasa la luz por una cartulina agujereada y como pasa la radiación por el cuerpo humano. La profesora se esmera en que el docente le quede claro cómo hacerlo y complementa la información con un video para que no haya lugar a ambigüedades.

En este caso se hace una representación de la mano que se pica con una aguja en una cartulina y hace pasar la luz del celular a través de ella, y la representación lo que busca es mostrar cómo la radiación X puede atravesar alguna región del cuerpo y lograr representar el resultado de esta en una imagen llamada tomografía. (Figura 9) En esta actividad práctica también se posibilita establecer varias analogías: la cartulina agujereada es el cuerpo humano, la luz del celular que la atraviesa es la radiación y la imagen que se forma detrás es la tomografía. Esto solamente es posible donde confluyen estos aspectos para obtener una tomografía, es decir en un centro de imágenes diagnósticas, para efectos didácticos aquí sería el salón de clase, o el lugar donde se disponga.

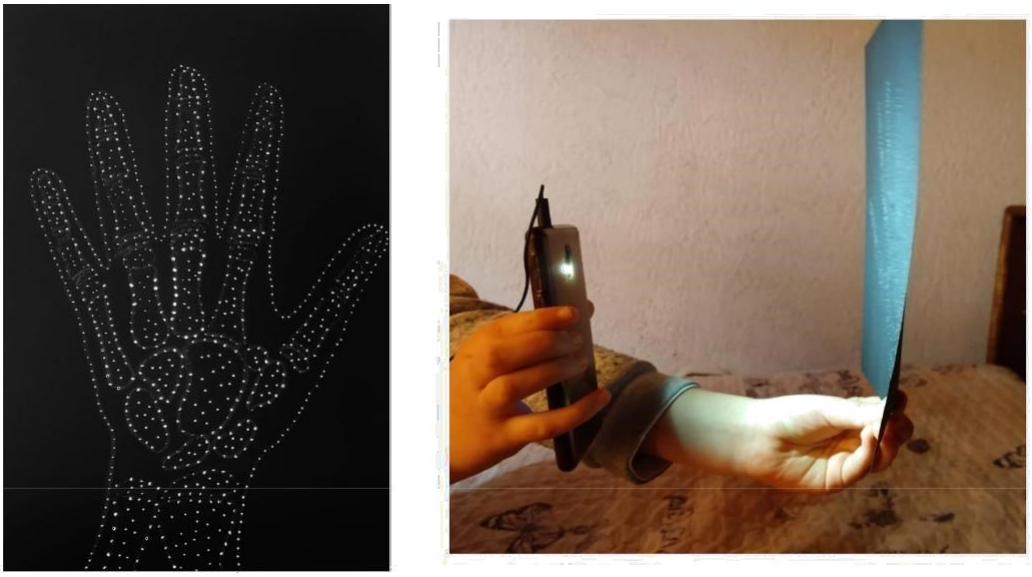


Figura 9 se ilustra la forma de una mano con de puntos sobre un fondo negro, aparece la cartulina agujereada iluminada con una linterna

Como parte de la actividad de la tomografía sugiere ver un video y que se discuta en torno a este y su relación con las imágenes diagnósticas.

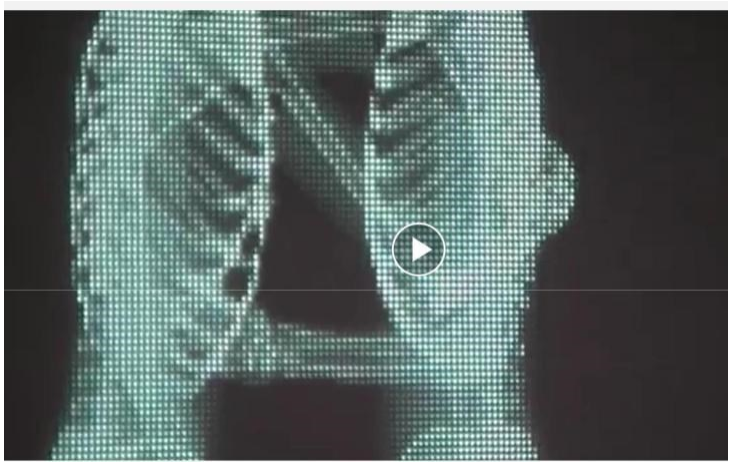


Figura: 10 se ilustran dos esqueletos entrelazados como un fotograma que hace parte de un video.

Con el video (https://youtu.be/PnDgZuGIhHs) Diana ofrece una oportunidad para interactuar con lo que allí se presenta donde se utilizan la producción de imágenes de los esqueletos de personas en diferentes situaciones y se observa las reacciones de quienes las miran llamando la atención sobre la inclusión, la religión, el sexo y en general la diversidad y sus posibilidades sociales. (Figura 10) Este video constituye en una ampliación a la representación que se realiza con la imagen de la mano la luz y la cartulina en donde se observa como la radiación puede dar cuenta de algunas características de nuestro cuerpo que

solo se verían con este tipo de radiación. El video llama la atención pues nos enfrenta a un panorama de nuestro cuerpo que no lo vemos con la radiación usual de la luz blanca.

Con el video (https://youtu.be/PnDgZuGIhHs) Diana ofrece una oportunidad para interactuar con lo que allí se presenta donde se utilizan la producción de imágenes de los esqueletos de personas en diferentes situaciones y se observa las reacciones de quienes las miran llamando la atención sobre la inclusión, la religión, el sexo y en general la diversidad y sus posibilidades sociales. (Figura 10) Este video constituye en una ampliación a la representación que se realiza con la imagen de la mano la luz y la cartulina en donde se observa como la radiación puede dar cuenta de algunas características de nuestro cuerpo que solo se verían con este tipo de radiación. El video llama la atención pues nos enfrenta a un panorama de nuestro cuerpo que no lo vemos con la radiación usual de la luz blanca.

Por otra parte, este video es una herramienta que sirve como estrategia didáctica en el marco de relaciones y tensiones entre ciencia tecnología, sociedad y ambiente (CTSA), puesto que el contexto implica que personas de diversos géneros, etnias, religiones, capacidades interactúan con artefactos tecnológicos poniendo en juego sus imaginarios sociales. Lo que deja ver que Diana se empodera de una mirada de un papel de la enseñanza

Elaboración del proyecto

Algo característico durante la elaboración del proyecto de imagenologia es que Diana buscaba información a través de diversas fuentes y esta se transformaba en acciones que le permitieron comprender las interacciones de la radiación - materia en los procesos de diagnóstico de enfermedades y como estas se pueden interpretar en cada una de las imágenes que nos toman. La socialización de sus avances posibilitó la emergencia de preguntas, comentarios y sugerencias que le permitieron ahondar y acotar avances sobre el proyecto.
Aterrizar las acciones en elementos y acciones específicas se constituyó en una búsqueda importante que se manifiesta en las actividades que escogió para realizar la clase final.

Una imagen de una resonancia magnética nuclear y su posible interpretación a través de una escala comprensiva de grises. Los resultados en esquema gráfico de registro de ondas sinusoidales, de un electroencefalograma y su uso en las acciones humanas, así como su representación en un circuito. Los resultados de una tomografía y su representación analógica con un montaje sobre una cartulina agujereada, luz y una pantalla.

Otros aprendizajes de la vivencia del proyecto

En cuanto a las reflexiones que Diana comparte sobre su vivencia en el proyecto de Imagenología desarrollado, se destaca que su modelo de enseñanza se vio cuestionado en lo que tiene que ver con la incorporación de nuevos temas en la clase de física. Un ejemplo de esto, se aprecia cuando Diana comenta las posibilidades de trabajar imagenología con estudiantes de Bachillerato:

Sí, sí se puede aplicar, no de manera tan profunda desde las ecuaciones, pero si desde un enfoque no tan divulgativo, ya que en éste caso podría ser una profundización de las ondas y es un tema visto durante la época escolar, conocido como Vibraciones y Ondas.

Así, para Diana la clase de física moderna puede realizarse desde una perspectiva no tan divulgativa centrada en las ondas, aduciendo que esta podría ser una ventana para incorporar la física moderna al currículo tradicional del bachillerato.

Las reflexiones de Diana con relación a la vivencia en la elaboración y concreción de su proyecto son relevantes. Por un lado, hay claridad frente a la problemática que le interesó abordar

la Imagenología, respecto a tomografías, resonancia magnética nuclear y electroencefalograma.

Al respecto cabe resaltar que los temas específicos que aborda Diana los denomina en concordancia con los nombres técnicos usados en el currículo de las ciencias y en el ambiente de la obtención de imágenes diagnósticas. De otra parte, estos términos son de conocimiento general para todas aquellas personas que requieren imágenes diagnósticas, dado que estas imágenes constituyen una forma de evidenciar la interacción de la radiación con el cuerpo humano. Cabe mencionar que los médicos para ampliar los diagnósticos a las aflicciones de los pacientes, recurren a la solicitud de imágenes diagnósticas con el ánimo de propiciar los tratamientos adecuados. Las imágenes en manos de los pacientes se constituyen cajas negras frente a las cuales reconocen en qué circunstancias se obtuvieron y que de ellas dependerá el tratamiento a seguir según el médico. No deja de llamar la atención que el proceso de ¿cómo se obtiene la imagen?, ¿cómo funciona la máquina con la que se interactúa?, Como aproximarse comprensivamente a estas imágenes? Ver la cotidianidad de una forma extraña puede ser la fuente de preguntas e inquietudes que en este caso llevan a Diana a trabajar el proyecto.

Para Diana uno de los logros más importantes que le dejó el aproximarse a la solución de las preguntas que se derivaron del proceso de indagación en torno a la imagenología y en términos generales del proyecto fue:

poder entender cómo se da la física en el funcionamiento de cada imagen médica, es decir desde el funcionamiento de las distintas máquinas, el proceso del paciente, hasta el producto final que es la imagen. Porque no es información que se observe en todas las clases de física de un colegio y menos si es sobre la física moderna o cuántica.

Es de resaltar que las preguntas que se le presentan a Diana en la realización del proyecto la llevan a realizar acciones como: pensar, imaginar, asociar, establecer analogías, razonar, conversar, presentar avances, entre otras que le permiten transformar la información que se consigue al respecto, en conocimiento (Segura, D. 2018) comprender el funcionamiento de las máquinas y dispositivos con las que se toman las imágenes,

- Que hace un tomógrafo para producir la radiación (rayos X) y como se da la interacción con el cuerpo, y finalmente cómo se detecta la imagen que nos entrega el dispositivo.
- Cómo se genera el campo magnético en el equipo del RMN, cómo interactúa ese campo magnético sobre el cuerpo, En la resonancia magnética nuclear (RNM), como se detecta esta interacción y que se plasma en la imagen si no existe radiación incidente.
- En el caso del electroencefalograma que se estudia si no hay incidencia de radiación, a que se le llama actividad cerebral, esta actividad cerebral es similar en todas las personas y en todas las actividades que realiza un individuo.

El proceso recursivo de preguntarse, darle sentido a la información (los contenidos de la física) en cada una de las imágenes, le posibilitó comprender lo que estas representan. Pero este proceso de indagación también, le permitió darle sentido a la física moderna, que pasó de ser informaciones generales: teorías, principios y modelos abstractos, a ser una fisca moderna de las imágenes diagnósticas. En otras palabras, le permitió pasar de un conocimiento de generalidades de la física moderna, a un conocimiento específico de las imágenes diagnósticas. Esta vivencia de la física es análoga al aprender a montar en cicla.

En la última parte de esta reflexión Diana resalta el proceso que realizó en la compresión de las imágenes diagnósticas, y como la planeación de su clase sobre imagenología no se da en todas las clases de Física de un colegio y menos si ésta es sobre física moderna. Es de resaltar este planteamiento de su vivencia, que traslada al campo de la enseñanza: el proceso vivido por ella le permite valorar el proceso que puedan tener otros.

En otro aparte de su vivencia Diana destaca el interés y la voluntad que tuvo para profundizar en su proyecto y la preocupación permanente de cómo llevar su vivencia al ejercicio profesional:

> *Resaltó el interés de querer profundizar en estos aspectos y la preocupación de poderlo aplicar en mi ejercicio como futura docente. Estos temas son explicados de manera superficial al momento de ver la aplicación de ellos, así que no hay un enfoque específico.*

De otra parte, Diana reconoce que uno de los aprendizajes tuvo que ver con la incorporación de conocimiento a su propio sistema de ideas, así como la relación que tiene esto con su conocimiento para la enseñanza. De otra parte, Diana distingue que la formación universitaria es bastante superficial y poco o nada se refiere a este tipo de actividades comprometidas: se ve teoría. Diana distingue que este tipo de temas se abordaron en su formación universitaria de manera teórica, sin profundidad y usualmente a la manera de aplicación de la teoría en otros campos, sin especificidad alguna.

Relaciones (CTSA)Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente

Diana expresa a lo largo de su vivencia con el proyecto una serie de relaciones entre la disciplina, la tecnología, la sociedad y el ambiente. Cabe recordar que ella escogió el proyecto de las imágenes

diagnósticas, y como ella menciona en su reflexión final, su principal preocupación era comprender:

> *En principio, poder entender cómo se da la física en el funcionamiento de cada imagen médica, es decir desde el funcionamiento de las distintas máquinas, el proceso con el paciente, hasta el producto final que es la imagen. Porque no es información que se observe en todas las clases de física de un colegio y menos si es sobre la física moderna o cuántica.*

Aproximarse a comprender las imágenes diagnósticas en tanto el funcionamiento del dispositivo con el que se toman, la interacción del cuerpo humano con éste y finalmente el producto de tal interacción (la imagen), constituye un propósito que rebasa los conocimientos disciplinares o tecnológicos y se constituye en un conocimiento que debe tener cualquier ciudadano que hace parte de una cultura contemporánea como en la que vivimos. Estas imágenes que existen en nuestras casas suelen constituirse en cajas negras, (Figura 11) a las que tenemos acceso, pero cuya comprensión o significado de cómo fueron tomadas y lo que representan, no son accesibles a las personas del común y requieren de un intérprete que, con verlas diagnostica el posible tratamiento a seguir.



Figura 11 representación de las imágenes diagnósticas como cajas negras

Las imágenes diagnósticas como muchos otros artefactos, dispositivos y electrodomésticos que nos rodean, hacen parte de la gran cantidad de cajas negras con las que nos hemos acostumbrado a vivir; en tanto sabemos cómo se usan, pero ignoramos su funcionamiento o los cambios que generó su uso en nuestra cultura. En este sentido nuestra cultura se ha convertido en una consumidora de tecnología, que requiere del papel del especialista, que devela su significado. Posiblemente esto nos lleve como dice Segura D. (Segura D 2018) épocas de magia y adoración que refuerza en donde se ve al científico como mago y a la ciencia como

Esto no sería una dificultad, pero los cambios y los conflictos sociales, la organización social y política el entorno en el que habitamos y las relaciones que tejemos en y con él y hasta la clase, las vemos como cajas negras y la escuela que sería el lugar en donde se forman los ciudadanos con la posibilidad de participación en los asuntos de interés común, no está haciendo mucho por cambiar este estado de cosas. Estos cuestionamientos a la escuela constituyen el punto de partida de muchos movimientos que

intentan transformar el rol de la escuela en la sociedad, en esta medida las CTSA pretenden que los ciudadanos sean "capaces de utilizar los conceptos científicos e integrar los valores y saberes para adoptar decisiones responsables en la vida corriente" (Fourez G., 1994)

Lo que hace Diana a partir de su vivencia en el proyecto y en la planeación de la clase final es presentar una serie actividades que no solo buscan el manejo de unos contenidos disciplinares, sino una articulación coherentemente con otros saberes y valores, que intencionadamente diana presenta en su clase para que los estudiantes y el maestro lo aborden y discutan, vemos 3 situaciones:

Una Aplicación del electroencefalograma

Cuando presenta la actividad cerebral y cómo ésta se puede detectar con los electrodos, ella presenta una clasificación de las ondas cerebrales, a partir de rangos de frecuencia y amplitud asociadas a actividades específicas. A manera de ilustración presenta un ejemplo de uso de la actividad cerebral en el contexto, que simula un aula de clase.

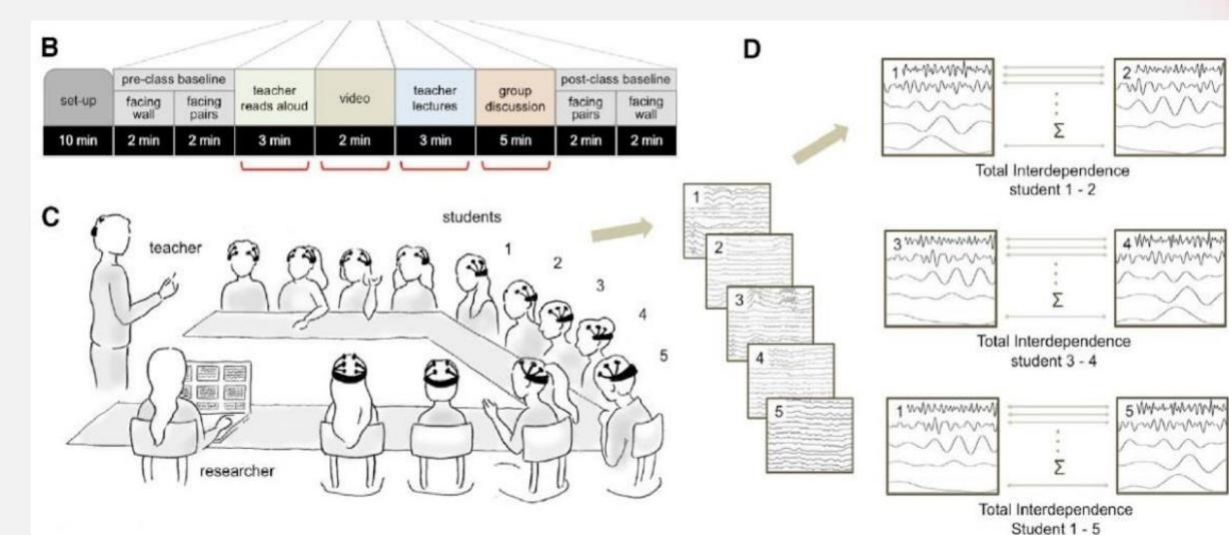


Figura 12 ilustración del uso de los electroencefalogramas en el contexto de un aula de clase simulada. tomado de Dikkers S. et al (2017)

La imagen que Diana expone ante el grupo se fundamenta en lo que ella ha sugerido estudiar del electroencefalograma y las imágenes diagnósticas. En particular el valor que tiene la investigación sobre los niveles de atención de un grupo de estudiantes en el contexto de una clase. Diana resalta que es a través de ciertas actividades que se evidencia un alto nivel de atención de los estudiantes por medio de sus electroencefalogramas, llamando la atención de lo que hacemos como profesores en un aula regular. Completando aquí la reflexión sobre la incidencia de mantener a los estudiantes trabajando en una sola actividad (bajos niveles de atención) o mantenerlos en diferentes actividades en la clase (altos niveles de atención). todo esto basado en la lectura de los electroencefalogramas.

Se observa una implicación de orden pedagógico - social dado que Diana cuestiona con esto el uso del conocimiento científico tecnológico en relación con el conocimiento didáctico, todo esto acudiendo al aprovechamiento de las investigaciones en contextos educativos, utilizando electroencefalogramas. De manera particular se ofrece un hallazgo de la investigación que consiste en lo siguiente: la mayoría de los profesores de ciencias quieren mantener la atención de sus estudiantes teniéndolos sentados y escuchando su discurso, pero, se demostró que la atención aumentó cuando los estudiantes participan en diferentes actividades en el transcurso de la clase, en donde solo una de esas consistió en escuchar al profesor. ¿Por qué queremos entonces que los estudiantes sigan escuchándonos si se pierde la atención tan rápidamente?

Esta actividad se enmarca en un modelo de enseñanza centrado en el estudiante pues Diana lo presenta para que el auditorio reflexione acerca de las implicaciones que tiene en el cerebro de los niños la actividad que se realiza en sus clases

Lectura comprensible de una resonancia magnética nuclear

El uso de las imágenes diagnósticas se puede interpretar a partir de la lectura de la escala de grises que aparece en la diapositiva. Esta actividad revela una articulación entre el conocimiento disciplinar, el tecnológico, cotidiano y pedagógico, en tanto cualquier persona de la sociedad puede basarse en escala fundamentada en objetos que le son familiares para diferenciar partes de su cuerpo. (ver Figura 6)

Nótese que esta actividad de trabajo práctico implica que los estudiantes pueden, por contraste de la información, identificar en la resonancia los diferentes tonos de grises de acuerdo con la escala. Esto como un mecanismo de identificación de la transición al equilibrio de los núcleos atómicos alineados por el potente campo magnético al que es sometido el cuerpo humano, para con esto determinar regiones del cerebro que podrán ser caracterizadas por los profesionales y expertos del campo. Esta estrategia procura que los estudiantes desarrollen la capacidad de establecer comparaciones utilizando información científica en la interpretación de imágenes diagnósticas.

Con el video (https://youtu.be/PnDgZuGIhHs) Diana ofrece una oportunidad para interactuar con lo que allí se presenta donde se utilizan la producción de imágenes de los esqueletos de las personas en diferentes situaciones y se observa las reacciones de quienes las miran llamando la atención sobre la inclusión, la religión y en general la diversidad y sus posibilidades sociales. (ver figura 10)

Este video constituye en una ampliación a la representación que se realiza con la imagen de la mano la luz y la cartulina en donde se observa como la radiación puede dar cuenta de algunas de otras características de nuestro cuerpo que solo se verían con este tipo de radiación. El video llama la atención pues nos enfrenta a un panorama de nuestro cuerpo que no lo vemos con la radiación usual de la luz blanca.

Por otra parte, este video es una herramienta que sirve como estrategia didáctica en el marco de relaciones y tensiones entre ciencia tecnología y sociedad puesto que el contexto implica que personas

de diversos géneros, etnias, religiones, capacidades interactúan con artefactos tecnológicos poniendo en juego sus imaginarios sociales. lo que deja ver que Diana se empodera de una mirada de un papel de la enseñanza

Conclusiones

La vivencia que tuvo Diana de planear una clase de física moderna al inicio del curso, realizar un proyecto en torno a la imagenología, marcado por procesos de indagación y posteriormente realizar la planeación de una clase sobre su proyecto, permiten valorar positivamente el proceso seguido, al respecto el trabajo de diana deja ver un proceso transicional de su perspectiva didáctica que se diferencia de una mirada desde los opuestos (Bauman 2014) y que en concordancia con lo vivido se puede denominar como enseñabilidad fluida en tanto Diana reasigna al estudiante en un nuevo lugar más protagónico cuando presenta su nueva propuesta de planeación después de haber tenido la vivencia del proyecto. Así mismo, en esta última fase Diana asume el conocimiento científico desde una perspectiva en la que su rol está asociado a la enseñanza en contexto pasando de ser un conocimiento general hacia un conocimiento específico que obedece a una intención pedagógica.

La transformación del modelo de enseñanza no se da sobre la base de un discurso, o de ver varias asignaturas que permitan la reflexión y la conveniencia del cambio, este ocurre cuando se tiene la posibilidad de vivenciar en algún colectivo, nuevas formas de construir conocimiento, como lo fue en el caso de Diana, al vivir la experiencia de su proyecto de imagenología en el curso de didáctica de la física 3.

Los procesos de indagación en la formación de profesores juegan un papel central pues permiten al afianzamiento de saberes disciplinares, tecnológicos y sociales deseables en la formación de ciudadanos, pero que orientados al aula de clase le permiten al profesor de física, conformar nuevos esquemas de acción, en donde las relaciones de la triada estudiantes - profesor - conocimiento, adquieren tintes marcados por la vivencia investigativa de haber realizado un proyecto. De ahí la importancia que en las dinámicas curriculares propias de los planes de estudio para profesores en formación inicial, se cuestione acerca del desarrollo de proyectos al interior de los cursos no solo de Didáctica sino también de aquellos relacionados con las disciplinas científicas.

Esta vivencia genera experiencias interiorizadas que permiten valorar en los otros, los procesos vividos: las equivocaciones como oportunidades de aprendizaje, el cómo acceder a la información, el rol de los especialistas, la importancia del colectivo y de los otros para conversar, crear, pensar, reflexionar, acciones fundamentales en los procesos de aprendizaje. lo que en el caso de diana se tradujo en un proceso de reconfiguración de sus conocimientos científicos tecnológicos y didácticos, revelando asi que el conocimiento para la enseñanza trasciende el conocimiento de la materia en sí mismo.

Bibliografía

Arca M., Guidonni, P. 2002 “Modelos infantiles”. En planteamientos en educación vol 1. Ed fuego azul Bogotá, Colombia.

Ayuso Maria (2020) Tonucci Francisco: “Si el virus cambió todo, la escuela no puede seguir igual”. entrevista 21 de abril. Diario La Nación. Buenos Aires. Argentina.

Bauman Z., 2013. Tiempos líquidos. Vivir en una época de incertidumbre ed. Tusquets. Buenos Aires Argentina.

Bolívar, A. (2006). La identidad profesional del profesorado de Secundaria: crisis y reconstrucción. Málaga, España: ***Aljibe***.

Buchanan, S., Harlan, M. A., Bruce, C. S., & Edwards, S. L. (2016). Inquiry based learning models, information literacy, and student engagement: A literature review. School Libraries Worldwide, 22(2), 23-39.

Burris E., (2005) Classrooms Can Use Therapy, Too. Independent Scholar en Complicity: An International Journal of Complexity and Education Volumen 2, Numero 1 pag. 5–17. ww.complexityandeducation.ca

Chevallard, Y. 2005 La transposición didáctica. Buenos Aires: Aique, Argentina.

Constantinou, C. P., Tsivitanidou, O. E., & Rybska, E. (2018). What is inquiry-based science teaching and learning?. In *Professional development for inquiry-based science teaching and learning* (pp. 1-23). Springer, Cham.

Denzin N. y Lincoln Y., 2005 The Sage handbook of qualitative research. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.

Dikker S., Wan L.,Davidesco I., Kaggen L., Oostrik M., McClintock J., Rowland J., Michalareas G., Van Bavel J:, Ding M., Poeppel D., 2017. Brain-to-Brain Synchrony Tracks Real-World Dynamic Group Interactions in the Classroom, Current Biology, Volume 27, Issue 9, Pages 1375-1380, ISSN 0960-9822.

Gargallo López, B., Fernández March, A., & Jiménez, M. Ángel. (2009). Modelos docentes de los profesores universitarios. *Teoría De La Educación. Revista Interuniversitaria*, *19*(1). https://doi.org/10.14201/3256

Glasersfeld E. 2001 La Visión Constructivista Radical de la Ciencia, en “el impacto del constructivismo radical en la ciencia” vol. 6 pág 31 – 43 Scientific Reasoning Research Institute,University of Massachesetts. US

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. . (2010). *Metodología de la investigación.* México: Mc Graw Hill.

Justi, R. 2006: *La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos*, Rev., Enseñanza de las Ciencias, Vol. 24(2), pág. 173-184 Universidad de Barcelona, España.

Krippendorff, K. (2004). Reliability in content analysis. Human Communication Research, 30 ,411-433.

Krippendorff, K. (2012) Content analysis: An introduction to its methodology. Thousand Oaks: Sage.

Martínez y Valbuena (comp.) (2013) Conocimiento profesional del profesor de ciencias de primaria y conocimiento escolar. No 8 Serie grupos. Doctorado Interinstitucional en Educación. DIE. Bogotá

Ostermann, F., Moreira M. (2000) Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, Vol. 18, n.º 3, pp. 391-04,

Piza Hernández, L. E., & Reyes Roncancio, J. D. (2017). La necesidad de un cambio didáctico en los docentes de ciencias naturales. Tecné, Episteme Y Didaxis: TED. Recuperado a partir de https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/4765

Porlán R. 2018. Didáctica de las ciencias con conciencia. En enseñanza de las ciencias vol. 36 (3), pág. 5 -22. Universidad de Sevilla. España**.**

Reyes J. D. (2016) Conocimiento didáctico del contenido en el profesor de física en formación inicial la enseñanza del campo eléctrico. Fondo de Publicaciones. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. ISBN: 9789588972251- Bogotá.

Rodríguez, L., Avendaño, H. (2018). Gamificación como estrategia de aprendizaje en la enseñanza de las ciencias naturales en la educación básica secundaria. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 1-9. Bogotá. Colombia.

Ros G., Rodríguez M. (2021) influencia del aula invertida en la formación científica inicial de maestros/as: beneficios en el proceso de enseñanza-aprendizaje, actitudes y expectativas hacia la ciencia. Revista de investigación educativa 39 (2) Universidad de Alcalá. Madrid. España..

Segura Dino (2018) Hacia una escuela contemporánea: la práctica hecha teoría. Editorial Magisterio

Segura D., Arcos F., Pedreros R, (2005) El constructivismo Radical como alternativa para fundamentar prácticas con sentido en la enseñanza de las ciencias. Popayán, Itinerantes. Nº 3. pp. 59-72.

Silverman, D. (2015). Interpretación de datos cualitativos. Editorial SAGE.

Terrimar I., Veit A.,Solano I**., (2017)** Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino de Física: uma Revisão da Literatura, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto alegre Brasil

Torres J., Vergara L., 2009 Estudio de clase: Una experiencia en Colombia para el mejoramiento de las prácticas educativas. Ministerio de Educación Nacional república de Colombia. DIGA Estudio de diseño.