



Revista *Bio-grafía*. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2021; Número **Extraordinario**. ISSN 2619-3531. *Memorias V Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias*. 23 y 24 de septiembre de 2021. Modalidad virtual.

APORTES DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA NdC DESDE ENFOQUES CULTURALES EN LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE CIENCIAS: UN ESTUDIO DE CASO EN GENÉTICA

Edwin German Garcia

Universidad del Valle

edwin.garcia@correounivalle.edu.co

Carol Mildred Gutiérrez

Universidad Santiago de Cali

carol.gutierrez00@usc.edu.co

Línea temática: Historia, Filosofía y Sociología de la Ciencia y Naturaleza de la Ciencia
Modalidad: Modalidad 2

Resumen

El propósito de esta propuesta de investigación es determinar los aportes de la Naturaleza de la Ciencia (NdC) desde enfoques culturales en la formación de profesores de ciencias naturales, en donde se postula como premisa que esta está inevitablemente ligada a la sociedad, en donde no se puede atender a su lógica, al funcionamiento conceptual, sin tener en cuenta el contexto socio político, económico donde esta se desarrolla. Una línea que ha sido considerada de vital importancia en la enseñanza de las ciencias es la que se relaciona con la Historia y la Filosofía de la ciencia (HFC). La importancia del uso y apropiación creativa de la HFC en la enseñanza de las ciencias radica en conducir “a una reflexión reposada, seria y serena de educar desde los aportes para una nueva aula de ciencia, promotora de ciudadanía y valores” (Muñoz, Daza y Quintanilla, 2014, p.15). En este sentido se busca diseñar actividades que aborden la ciencia desde la perspectiva cultural. En el contexto de la HFC la actividad experimental desempeña un papel preponderante y para el caso particular de la genética se convierte en un elemento clave en su enseñanza. No obstante, a pesar de la importancia que ha desempeñado la experimentación en la actividad científica y en la ciencia misma, su lugar ha sido otro en la enseñanza de las ciencias. Tradicionalmente, la actividad experimental ha estado supeditada a la teoría (García, 2015). Los profesores de ciencias, por lo general, hacen uso de una serie de pasos definidos que deben ser aplicados de manera rígida y mecánica para la obtención de resultados experimentales que validen la teoría impartida en el aula de clases. Como consecuencia de lo anterior el

conocimiento derivado de la experimentación cumple la función de comprobar o falsar la teoría que los estudiantes reciben. Existen prácticas que reproducen esta idea, caracterizadas por presentar guías con indicaciones que los estudiantes deben seguir mecánicamente para obtener resultados exitosos y comprobar lo que se ha explicado en el salón de clases. Es el reconocimiento de lo anteriormente expuesto lo que reivindica la dimensión material, cultural y social en la realización de experimentos, explicaciones, procedimientos, decisiones de los científicos y sobre todo en la producción de conocimiento (Steinle, 2002) y así dar sentido a la ciencia como práctica científica. Derivado de lo anterior se busca determinar los aportes de la filosofía experimental a la NdC desde enfoques culturales en la formación de profesores de ciencia a partir de la historia de la actividad experimental en la genética. Para alcanzar el objetivo planteado, se utilizarán, como instrumento de recolección de datos, encuestas, entrevistas videos y registros escritos de las ideas de los estudiantes durante el desarrollo de las actividades, en donde se tomarán las descripciones de las diversas situaciones planteadas.

Palabras clave

Naturaleza de la Ciencia, Historia, Actividad Experimental, Enfoques Culturales

Objetivos

- Determinar la incidencia de la NdC desde enfoques culturales en la formación de profesores de ciencia a partir de la actividad experimental en genética
- Identificar las concepciones de NdC en profesores de ciencia en formación desde actividades experimentales.
- Determinar la incidencia del análisis histórico de la actividad experimental de Gregor Mendel en un contexto de formación de profesores.
- Consolidar una propuesta para la enseñanza de la genética desde enfoques culturales.

Marco Teórico

La incorporación de la NdC como objetivo de la enseñanza de la ciencia no es nueva y ha sido objeto de diferentes modificaciones tanto en sus enfoques como en las maneras de concreción a través del tiempo (Izquierdo, 2000; Lederman, 1992; Mc Comas, Clough, y Almazroa, 1998). Una razón de su inclusión temprana como objetivo, responde a la prioridad del cambio de concepciones inadecuadas de ciencia ajustadas a un carácter empírico, absolutista y de verdades literales e irrevocables propias de un modelo empiro-positivista de ciencia por parte de diferentes sectores de la población. (Acevedo, 2008; Aduriz, 2001; Duschl, 1997; Gallagher, 1991; Mc Comas et.al., 1998; Lederman, 1999). La constante renovación de la NdC como objetivo ha dependido de los cambios experimentados por: a) innovaciones en los fines de la

enseñanza de las ciencias, b) la filosofía de la ciencia, con la incorporación de la historia, la sociología de la ciencia, c) reconocimiento de los elementos externalista de la ciencia en el currículo (Aikenhead, 2003; Duschl, 1997) y d) la inclusión de nuevos campos de saber en la didáctica de las ciencias (Aduriz, 2001; Lederman, 2006).

Al inicio, la NdC se ajustó alrededor de aspectos estrictamente epistemológicos que recogían la discusión sobre sus propiedades como conocimiento y/o proceso. El énfasis en estos aspectos ha girado desde posturas sincréticas, en el sentido de centrarse en tan sólo algunas categorías de la NdC, como el método científico o las particularidades de la explicación científica, hasta posiciones más integradoras que tienen en cuenta tanto la naturaleza particular de sus unidades teóricas hasta las actividades que intrínsecamente la componen. Es de anotar, que su inclusión no solo había sido declarada por didactas, sino también filósofos de la ciencia, que encontraban en la reflexión epistemológica un discurso potencialmente útil en la enseñanza de la ciencia (McComas, et al., 1998, citando a Robinson, 1968). La naturaleza de la ciencia (NdC), se puede definir como un metaconocimiento sobre la ciencia, que surge de las reflexiones interdisciplinarias de una variedad de componentes relacionados con la filosofía, historia, sociología y psicología de la ciencia (McComas et al., 1998; Tamayo, 2001), lo que permite ver las ciencias naturales como un producto intelectual muy destacado de la humanidad, y al mismo tiempo conocer sus alcances y sus límites para poder gozar de sus beneficios en forma autónoma, crítica, responsable y solidaria.

Actualmente, la alfabetización científica y tecnológica incorpora a la NdC como un contenido y fin básico necesario para lograr sus fines (Duschl, 1997; Driver, Leach, Millar y Scott, 1996; Lederman, 1992; McComas, et al., 1998; Matthews, 2000). Alrededor de ello, se han considerado propuestas que incluyen elementos históricos y sociológicos de la ciencia y la tecnología, que a diferencia de los expuestos en la Figura 2, han reconfigurando la base de aspectos puntualmente epistemológicos como objetivo. Hablar de NdC tiene tres elementos: lo que dicen los científicos, es decir como una persona que realiza la actividad científica ve la NdC, en segunda instancia es la filosofía de la ciencia hablando de NdC, es decir vista desde los análisis filosóficos y la tercera es la enseñanza de las ciencias desde la NdC, lo que se detalla a continuación:

Naturaleza de la ciencia, lo que dicen los científicos:

Ian Hacking¹ en su libro “Representar e intervenir” tiene la particularidad de mostrar unos enfoques muy propios derivados de una manera de entender la filosofía de la ciencia, de preguntarse por el papel de la realidad, el papel de la verdad, pero más aún preguntarse por el papel del experimento, tiene tres expresiones claves que encierran su filosofía, la primera representar, la segunda intervenir y la tercera experimentar. Hablar de representar el mundo es

¹ Hacking, I., & Dominguez, S. G. (1996). *Representar e intervenir*. México: Paidós.

hablar de múltiples realidades por lo que para Hacking pensar que existe un único mundo no lleva a mucho, lo que implica que cada vez que se interviene el mundo se está dotando a ese mundo de unas particularidades que se manifiestan en tanto se intervenga, pero implica entender además que esa intervención esta mediada por la cultura y por lo tanto se expresara de acuerdo a las intencionalidades con las que se expresa y es ahí en donde empieza a tener importancia el papel del experimento.

Es decir que cuando se interviene la realidad, se transforma, y esa transformación da sentido de que hay una realidad y por lo tanto la realidad va ser en tanto se intervenga y es ahí donde se entiende que el conocimiento científico si habla de una realidad, pero no siempre una realidad ontológica. Representar es más que tener una imagen, es una red conceptual que se amplía y complejiza, una estructura que tiene sentido, y en donde el pensamiento construye representaciones que parecieran que para la ciencia quedan limitadas a aspectos prácticos, esto es desde la experiencia. Es ahí donde los experimentos a través de los ejemplos traídos por Hacking muestran como a lo largo de la historia los experimentos anteceden a la teoría en algunos, o la teoría antecede al experimento en otros, son dos formas en las que ha estado enmarcado el experimento y los debates filosóficos en torno a su papel en la ciencia.

Hacking busca recuperar las diversas funciones que desempeña el experimento en la historia de la ciencia, y con ello, intenta trascender las limitaciones que se han impuesto al experimento y es ahí donde su frase “El experimento posee una vida propia ya que no tiene como única función la contratación de teorías científicas” toma todo el sentido y por lo tanto es posible de recibir un tratamiento filosófico independiente de su función en la puesta a prueba de las teorías y en el que lleva a reevaluar la ciencia experimental.

A partir de lo anterior, el experimento en el aula de clase debe ser revalorado, ya que no solo se debe limitar a una simple comprobación de fenómenos, un paso a través de una guía que no da la posibilidad de hacer inteligibles esas múltiples realidades que adquieren sentido cuando son intervenidas por el experimento. Por otro parte, Ilya Prigogine² en su libro “*La nueva alianza: metamorfosis de la ciencia*” permite hablar de la ciencia no desde los discursos que normalmente han caracterizado el modernismo, sino de un discurso que provienen de una línea conflictiva en términos de la filosofía que es el llamado post modernismo, una tendencia real que está caracterizada por un nuevo concepto de orden social y universal, y en donde juega un papel importante el término de la complejidad, lo que permite asociar que el desarrollo de la tesis de Ilya Prigogine e Isabelle Stengers es una tesis enmarcada dentro de una dinámica que es social, está tipificada por los comportamientos de la sociedad del siglo XX.

² Prigogine, I., & Stengers, I. (1994). *La nueva alianza: metamorfosis de la ciencia*. Alianza Editorial.

Entonces caracterizar un poco la sociedad del siglo XX permite entender aspectos fundamentales de la ciencia desarrollada por Prigogine y por supuesto su orientación hacia un post modernismo complejo y en contra del determinismo. Asociar la palabra determinismo implica toda una serie de conceptos que lo articulan, el primero de ellos es acerca de que el determinismo va asociado al concepto de causalidad, la causalidad es algo inherente al tiempo, toda causa tiene un efecto y todo efecto se debe a una causa, poder identificar si la causalidad esta por fuera de las dinámicas sociales es la preocupación de Prigogine.

La enseñanza de las ciencias ha sido fundamentalmente causal, para poder romper la causalidad y acercarse uno a las tesis de Prigogine lo primero que hay que cuestionar es en donde es posible no encontrar causalidades y lleva a entender que los efectos producidos no dependen de las condiciones, sino de lo aleatorio del sistema, lo aleatorio que sale del sistema es lo que se conoce como acausal. Igualmente podemos encontrar que las sociedades son acausales, es decir ellas generan en sí mismas dinámicas que no son preestablecidas, lo que defiende la tesis de que el mundo es complejo porque no tiene linealidades en ninguna parte. En ciencias por otro lado existen los sistemas complejos, los sistemas termodinámicos son sistemas complejos y son la base de Prigogine para fundamentar su tesis. El determinismo suele tener aspectos fundamentales en el desarrollo de la ciencia, y la sociedad del siglo XX ha sido una sociedad muy determinista y todas las dinámicas sociales son manejadas desde esa lógica, pero empieza a aparecer algunos sistemas complejos que sugieren es que se puede dar cuentas de cosas mas no se puede identificar porque o como se da ese comportamiento.

La ciencia ha encontrado en la naturaleza múltiples fenómenos acausales pero de los que únicamente se habla y se enseña son los causales lo que está poniendo toda la ciencia construida hasta el momento en entredicho, no porque lo que se haya dicho sea falso, sino porque es un manera de entender y organizar el mundo diferente y que a manera personal toma dificultades el entenderlo, dado la carga de la tradición que lleva siempre a buscar las causas y los efectos.

Por último y no menos importante Prigogine nos muestra que la ciencia es cultura, da las bases de la complejidad, y hablar de complejos no es hablar de abstractos, entre más relaciones o interrelaciones se tenga, el pensamiento es más complejo. El ser humano lo que tiene es un pensamiento complejo, múltiples interrelaciones que le permiten dar cuenta de aspectos fundamentales. Es lo que dice Prigogine nos hace sujetos culturales, en donde podemos armar y hacer inteligible un mundo. Estas posturas llevándolas al plano educativo permiten entender que en la enseñanza de la ciencia la causalidad en parte por la carga de la tradición ha ocasionado que las prácticas de aula sean mecánicas, sin ninguna reflexión, una copia de modelos alejados de contextos que hacen que nuestros estudiantes no vean en la ciencia sino bajo formulas, recetas y actividades experimentales poco significativas, y en donde se busca que el rol del docente sea el de aportar a una forma de ver el mundo, preguntarlo y cuestionarlo, para que los estudiantes hagan sus propios cuestionamientos a un mundo lleno de incertezas.

Heisenberg³ por su parte toca aspectos fundamentales del conocimiento, la esencia misma del conocimiento derivada de la ciencia y la matemática, y en esta exploración se logra diferenciar tres cosas, la palabra naturaleza desde la forma en que yo veo el mundo, una segunda desde la esencia que tiene el mundo, la tercera desde el pensamiento mismo del mundo, esto es las distintas corrientes, y así empezar a explorar de manera directa y a entender que de acuerdo la forma como vemos el mundo, empezamos a tomar postura desde allí. Es así que a través de la historia nos da a conocer como se han dado cambios en la actitud del científico ante la naturaleza, lo que implica transformaciones en las relaciones hombre – naturaleza, la influencia de la técnica y la ciencia en esas relaciones y finalmente un nuevo concepto de verdad científica. Cada uno de estos aspectos abordados por Heissenberg tiene una gran incidencia en el marco del sector educativo y hace importante de entender la palabra naturaleza desde miradas particulares, porque depende de cómo se entienda esa palabra así mismo ella encontrará relación con las maneras de entenderla y vivenciarla en las actividades con los estudiantes

Otro de los científicos en donde podemos encontrar elementos importantes sobre NdC es Ludwig Fleck⁴, en donde es necesario empezar a entender que la ciencia habla de los hechos todo el tiempo, la filosofía intenta explicar cómo el científico produce hechos y en la didáctica enseñamos los hechos y de acuerdo a la relación con la naturaleza se permite hablar de los hechos de una manera muy particular. Para el positivismo por ejemplo son exteriores al sujeto, lo único que hago es encontrarlos. Los hechos vendrían a ser dados casi que por las leyes que regulan el comportamiento de la naturaleza, encontrar una ley es encontrar un hecho, lo que implica encontrar las regularidades del mundo, por eso es que en la escuela se enseñan hechos. Igualmente, Fleck hace referencia a la cultura, y dentro de la cultura factores sociales en donde empiezan a jugar elementos importantes: el estilo de pensamiento conectado con el colectivo de pensamiento, hecho científico y como un eje articulador la circulación inter colectiva de ideas.

La cultura nunca ha sido tenida en cuenta en los aspectos sociales y de ahí hace su estudio sobre la sífilis, ya que solo teniendo en cuenta las condiciones sociales y culturales tendremos en cuenta la influencia de esta en la realidad, planteando tres factores sociales que influyen en toda actividad cognoscitiva: el peso de la formación, la carga de la tradición y la repercusión de la asociación del conocer. Igualmente, la actividad cognoscitiva no la ve de manera individual, está en un marco de colectivo de pensamiento. Lo anteriormente expuesto llevan a pensar que la didáctica debe tener reflexiones en torno a la naturaleza, ¿cómo es mi relación con la naturaleza?, ya que como vemos inciden en nuestro rol docente. Una naturaleza cambiante, transformadora de cultura y en donde la ciencia que nos habla de los hechos, nos debe permitir

³ Heisenberg, W., Gabriel, A., & Pascual, F. (1969). *La imagen de la naturaleza en la física actual*. Seix Barral.

⁴ Fleck, Ludwik (1935) *Génesis y desarrollo de un hecho científico*. Madrid. Alianza 1986. Trad Luis Meana

dialogar con ellos y construir con los estudiantes esas contradicciones, avances, intereses, valores por los que están permeados.

La historia y filosofía de la ciencia

Es importante reconocer que la ciencia necesita ser comprendida en términos cognitivos, lo que implica comprender lo que la ciencia ha sido (el componente histórico), como lo que la ciencia debe ser (componente filosófico). Los historiadores de la ciencia han argumentado que la gran virtud de la historia de la ciencia radica en la función cultural de mostrarnos como trabaja la ciencia y cómo se forja el conocimiento científico.

La investigación filosófica por su lado en las últimas dos décadas ha devuelto el carácter respetable a la tradición de integrar la historia y la filosofía y en donde se viene prestando por parte de los filósofos interés en aspectos históricos, lo que según Laudan (2005) obedece a factores como: (1) la creencia de que los procesos de la teoría, el cambio y el progreso temporal se encuentran entre los principales determinantes epistémicos de la ciencia; (2) la comprensión de que la justificación de las afirmaciones filosóficas acerca de cómo trabaja la ciencia depende en parte de la adecuación de estas afirmaciones con respecto a la ciencia real.

Metodología

Conforme a la naturaleza del problema de investigación que se formula, se propone una metodología cualitativa de enfoque interpretativo, ya que éste permite: la comprensión de los fenómenos sociales a profundidad con base en la indagación de hechos. Describe e interpreta los fenómenos educativos como parte de los fenómenos sociales, intenta, en vez de predecir, comprender los sujetos de investigación dentro del marco de referencia en ellos mismos.

Fases De Investigación:

Primera Fase. Procesos de planificación e identificación de concepciones de los estudiantes sobre NdC mediante diagnóstico preliminar.: La primera parte está relacionado con un proceso de caracterización explícita de las concepciones sobre la NdC, por parte de los estudiantes de la licenciatura en ciencias naturales

Segunda Fase. Proceso de realización de análisis histórico de la actividad experimental del Mendel a través de análisis de contenido.

Tercera Fase: Organización y diseño del curso de didáctica de la genética para ser ofrecido en la Licenciatura de Ciencias Naturales.

Cuarta Fase: Evaluación del curso en el proceso de formación para la consolidación de la propuesta final para la enseñanza de la genética

Se potenciará la elaboración de informes, resúmenes, mapas conceptuales, textos argumentativos, artículos y demás documentos que permitan dar cuenta de manera sistemática del proceso de complejización y análisis del pensamiento del profesor.

Instrumentos de Recolección de Información

Para Hernández, Fernández-Collado, & Baptista (2008, p. 27) la investigación cualitativa se basa en métodos de recolección de datos no estandarizados. Consiste en obtener explicaciones de los participantes. De acuerdo a esto, los instrumentos que se elaboren y el proceso que se lleve a cabo deben estar en concordancia con este tipo de investigación y con el diseño metodológico.

Los instrumentos que se utilizaron para recolectar la información fueron:

Textos Científico Históricos (TCH): son una fuente valiosa de datos cualitativos que sirven para entender el objeto de estudio, en esta tesis se consideraron los TCH elaborados específicamente por Mendel como el insumo principal para identificar la manera como ellos contribuyeron en la consolidación del conocimiento asociado a la genética

Cuestionario: hace parte de cualquier procedimiento o técnica donde se utiliza la interrogación como medio para obtener información (Cerda, 2008). Una característica de este instrumento es que el investigador puede estar ausente, de ahí la importancia de redactar preguntas comprensibles y que permitan obtener la información que se requiera. En esta tesis se utilizó un cuestionario de opción múltiple ya que lo que se necesita es caracterizar las concepciones de NdC (Rodríguez, Gil, & García, 1999).

- Entrevista: es un instrumento técnico de gran utilidad en la investigación cualitativa, para recabar datos. En la presente investigación se abordará la entrevista semiestructurada por ser flexible, dinámica y no directiva. Asimismo, se puntualiza la manera de elaborar preguntas, se esboza la manera de interpretarla y sus ventajas.
- Análisis del Discurso: Técnica para el análisis que ayuda a entender las prácticas discursivas que se producen en todas las esferas de la vida social. Uno de sus principales objetivos consiste en develar, describir y comprender los modos de producción social del sentido y los efectos que estos tienen en las prácticas sociales, el análisis del discurso trabaja con los géneros discursivos de manera privilegiada, poniendo en evidencia la relación entre las regularidades del lenguaje, sus significaciones y finalidades (Charadeau y Maingueneau, 2005).

De acuerdo con lo anterior, es importante tener en cuenta que “El análisis de discurso debe ser entendido como una labor analítica ambigua que rompe y descompone el texto para luego suturarlo y recomponerlo de nuevo interpretándolo.” (Gutiérrez Brito 2009:250) y de esta

manera nos permite analizar las representaciones discursivas de los docentes en formación objeto de estudio en la presente investigación

Categorías de Análisis:

Tres fueron los contextos de análisis propuestos: el disciplinar, de la NdC y pedagógico. El contexto disciplinar, o dimensión en la que se analiza los contenidos científicos de los episodios, se analiza la relación conceptualización-experimentación y el rol de los instrumentos en la construcción de conocimiento; el contexto de la NdC, se privilegia el análisis de perspectivas epistemológicas, sociales e históricas de los episodios abordados; el contexto pedagógico, se reflexiona sobre los saberes didáctico-pedagógicos adecuados para que los profesores participantes adquieran una visión crítica y transformadora de su práctica educativa.

De acuerdo con lo anterior se describen en la Tabla 1 las categorías, subcategorías e indicios propuestos. En la Tabla 2 se presentan el episodio histórico y sus correspondientes contextos de análisis en las categorías, subcategorías e indicios propuestos para el análisis de los enunciados de los participantes desplegados en la implementación de la propuesta.

Tabla 1. Categorías, subcategorías e indicios

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍAS	INDICIOS
Relación conceptualización experimentación en la dinámica científica	Relación de Independencia	Actividad teórica como fundamento de la experimentación
	Relación de complementariedad	Actividad experimental como fundamento de la dinámica científica
Papel de los instrumentos en la construcción del conocimiento	Instrumento como medio de registro y constatación de datos	Relación de independencia: uso de aparato instrumental
	Instrumento como posibilidad de generación de fenomenologías	Carácter socio cultural de los instrumentos y hechos científicos; relación de constitución mediada por el uso del lenguaje
Finalidades de la Ciencia	Conocimiento- Aprendizaje	La ciencia para proveer conocimiento del mundo
	Social	La ciencia al servicio de la sociedad
	Ciencia como parte de la cultura	Relación de la ciencia desde una enfoque cultural
Objetivos del trabajo del científico	Conocimiento- Aprendizaje	El científico como generador de conocimiento

	Social	El científico desde una visión altruista
Utilización de aspectos de Historia y Filosofía en la enseñanza de la genética	Experiencias en la enseñanza de la genética	Actividades experimentales en la enseñanza de la genética

Tabla 2. Episodio histórico y sus correspondientes contextos de análisis.

Episodio Histórico (narrativa científica)	Contexto disciplinar (problema de la experimentación)	Contexto NdC	Contexto Pedagógico
Fragmento de texto de primera fuente relacionados con la actividad experimental de Mendel	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diferentes interpretaciones en relación con la actividad experimental de Mendel. ➤ Construcción y uso de instrumentos (indicadores). ➤ Papel del lenguaje en la actividad científica 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Relación entre teorización y experimentación. ➤ Rol de los elementos materiales (instrumentos) en la actividad experimental (Carga experimental de la teoría). 	Indagación de las concepciones de profesores respecto a la actividad experimental.

Resultados Preliminares

Fase I: Identificación de concepciones previas

En esta fase se realizó la aplicación de una encuesta escala lickert y entrevista con el fin de identificar de manera preliminar el sentido de la actividad experimental desde las concepciones de NdC de profesores de ciencia en ejercicio y en formación y las concepciones sobre la naturaleza experimental de la ciencia en la enseñanza de la genética en profesores en ejercicio y en formación.

A partir de esto, los resultados preliminares frente a la afirmación “La historia de la ciencia permite relacionar la construcción del conocimiento científico escolar con el valor cultural de quienes lo elaboran y divulgan”, los estudiantes de últimos semestres en un 61% manifiestan estar de acuerdo, lo que se considera positivo, dado que evidencian la importancia de la historia de la ciencia, sin embargo tan solo un 31% de los estudiantes están totalmente de acuerdo, lo que implica la necesidad de fortalecer procesos de formación en historia de la ciencia, ya que un 8% manifiesta estar en desacuerdo y es ahí en donde el docente encuentra aspectos que llenen

de significados los contenidos a enseñar, ya que el ver la historia de la ciencia y su relación con la construcción del conocimiento, permite ver una imagen contextualizada de la ciencia y de quienes la hacen.

Esto no refleja diferencias significativas con los estudiantes de primer semestre, en donde el 69% están parcialmente de acuerdo y se evidencia un 12% de estudiantes que no toman posición frente a la afirmación, y que es importante para propiciar actividades que promuevan reflexiones epistemológicas frente a la ciencia, sus aspectos y su forma de enseñarla lo que puede tomarse como algo positivo en la medida que el docente al trabajar con los estudiantes puede llegar a generar cambios significativos en la forma de ver la ciencia y la enseñanza de temas como la genética, sin embargo también es importante resaltar que si está población no se prioriza se puede llegar a docentes que limitan la enseñanza de la ciencia a los libros de texto.

(Ver figura 1)

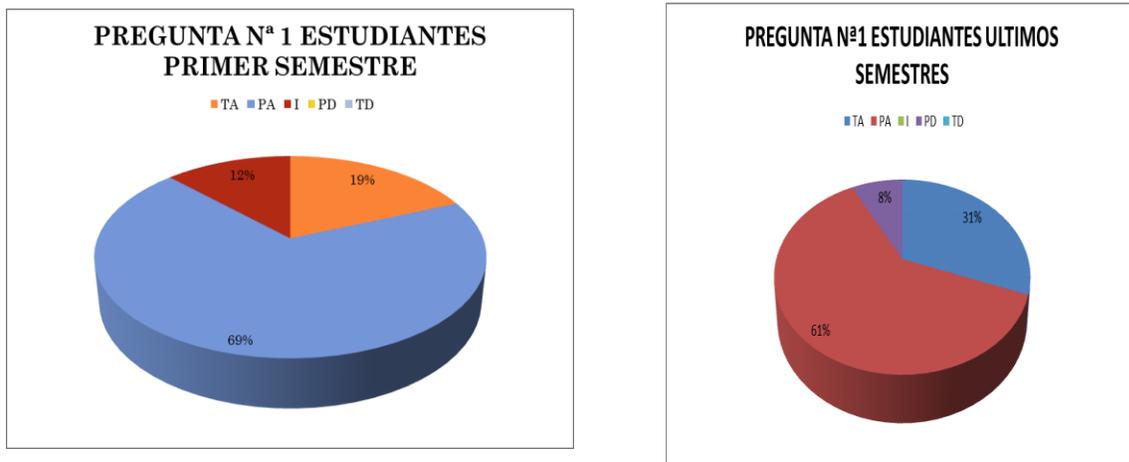


Figura 1. Respuesta estudiantes afirmación 1. “La historia de la ciencia permite relacionar la construcción del conocimiento científico escolar con el valor cultural de quienes lo elaboran y divulgan”,

Frente a la pregunta relacionada con el carácter experimental de las ciencias, y el papel demostrativo del experimento en la enseñanza se puede evidenciar que los estudiantes de primer semestre tienen una posición generalizada, en donde el 81% está totalmente de acuerdo y el 19% parcialmente de acuerdo, y en donde comparando con los estudiantes de últimos semestres en donde sus posiciones ya son más variadas en razón a los procesos de formación recibidos, para el caso de los estudiantes de primer semestre se evidencia que en la educación media el experimento cumple un papel demostrativo y que los estudiantes se ven limitados a procesos

mecánicos en la enseñanza de las ciencias. Esto permite resaltar la necesidad de procesos de formación de calidad que ayuden a mejorar la enseñanza de las ciencias.

Es importante resaltar, como los estudiantes de último semestre se encuentran dispersos en sus respuestas, encontrando que un 46% manifiesta estar parcialmente en desacuerdo, lo que corresponde a una manera contextualizada de entender el papel de la actividad experimental, dado que esta no solamente cumple un papel demostrativo en la enseñanza, tal como lo expone Heisenberg. Sin embargo, se encuentra que un 31% de los estudiantes encuestados están de acuerdo frente al papel demostrativo de la actividad experimental, porcentaje alto y que puede estar influenciado por los procesos de enseñanza recibidos, en donde al experimento no se le otorga otro papel más allá del demostrativo de la teoría. (Ver figura 2)

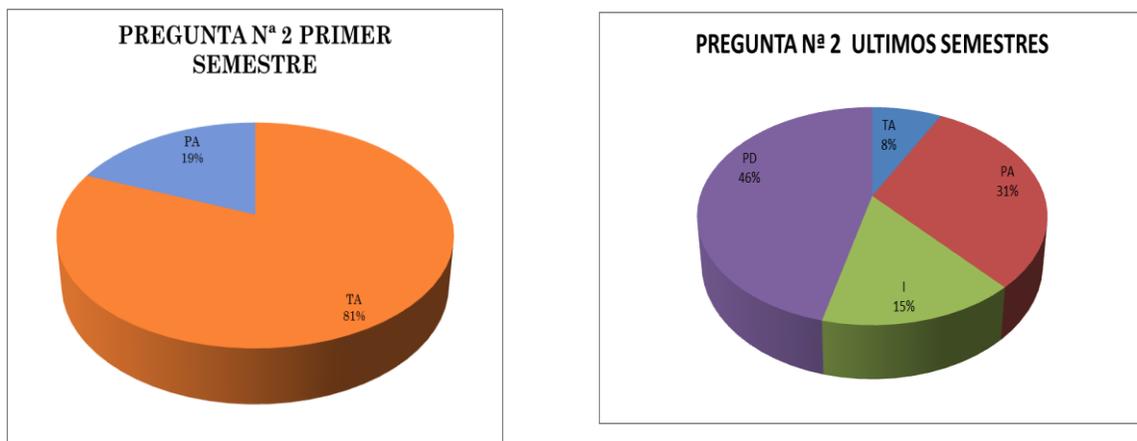


Figura 2. Respuesta estudiantes afirmación 2. “Las ciencias tienen carácter experimental, para ello es indispensable que los estudiantes construyan los hechos científicos a partir de actividades experimentales que demuestren lo que la teoría explica”.

Al preguntar si el profesorado debe enseñar el conocimiento verdadero, confiable, definitivo e incuestionable que se produce en la comunidad científica, los estudiantes de primer semestre se encuentran dispersos en sus respuestas, es así que un poco más de la mitad de los encuestados, es decir un 53% manifiestan estar parcialmente en desacuerdo y un 12% totalmente en desacuerdo, lo que indica que para gran parte de los estudiantes el docente debe limitarse a un papel transmisor del conocimiento, en donde el cuestionar no hace parte del ejercicio docente. Se resalta que un 11% de los encuestados manifiestan estar totalmente de acuerdo y un 12% parcialmente de acuerdo, que corresponde a un igual porcentaje de indecisos, lo que permite

demostrar la importancia de generar en los estudiantes que van a ser futuros docentes procesos de formación en donde la ciencia sea vista desde la complejidad que implica su enseñanza.

En los estudiantes de últimos semestres se encuentra que un 46% de los encuestados están totalmente en desacuerdo en que el conocimiento es verdadero, confiable, definitivo e incuestionable, lo que permite entender que el conocimiento es cambiante, y por lo tanto el papel del docente no es solamente transmisor de conocimiento, al igual que un 46% de los encuestados que están parcialmente en desacuerdo en esta afirmación, por lo que se puede inferir que para este porcentaje de estudiantes en la enseñanza de las ciencias no solamente se debe buscar que el estudiante aprenda conceptos, los repita, y en donde las preguntas que se realicen están limitadas probablemente a los libros de texto utilizados, sino que por el contrario reflejarían elementos novedosos e impactantes en la enseñanza de las ciencias (Ver figura 3)

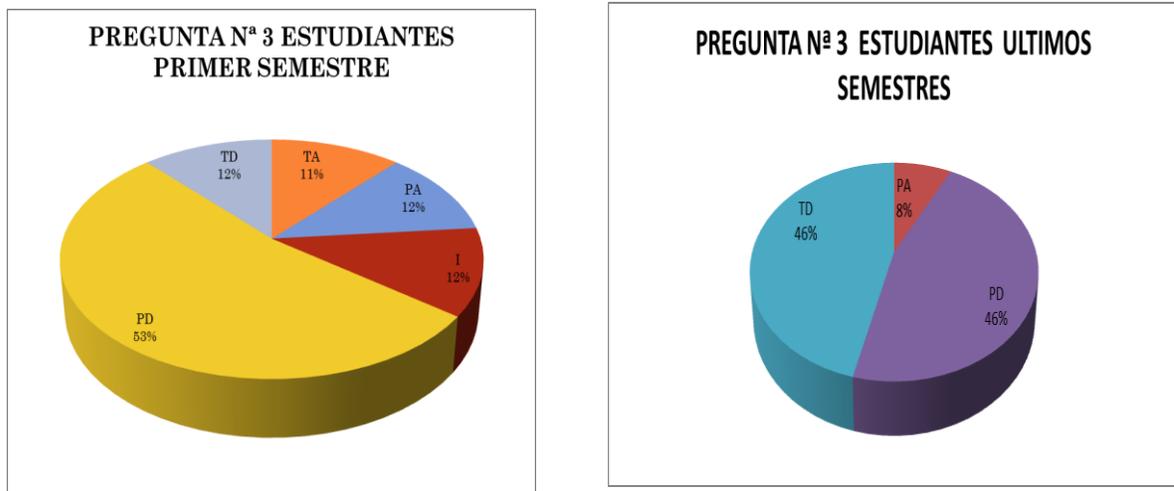


Figura 3. Respuesta estudiantes afirmación 3. “El profesorado debe enseñar el conocimiento verdadero, confiable, definitivo e incuestionable que se produce en la comunidad científica”.

Los estudiantes de primer semestre frente a la pregunta si el profesor es un mediador entre el conocimiento producido por los científicos y el que se da en el aula, contribuyendo así a transformar pautas sociales, culturales y científicas los estudiantes manifiestan en un 50% estar

parcialmente de acuerdo y en un 25% totalmente de acuerdo, lo que no representan cambios significativos si se compara con los estudiantes de últimos semestre, por lo que se puede deducir que los estudiantes llegan a sus procesos de formación reconociendo la importancia de la ciencia, por lo que debe ser enseñada, sin embargo no se vislumbran elementos importantes para su comprensión dado que se ve como algo ajeno y alejado de sus contextos cercanos. Se resalta que los estudiantes de primer semestre presentan indecisión frente a la pregunta, es así que un 19% de los encuestados no toman posición, lo que podría estar influenciado por los procesos de enseñanza recibidos.

Se resalta que en los estudiantes de último semestre se evidencia que un 54% manifiesta estar totalmente de acuerdo en el papel mediador del docente, lo que al relacionarlo con la respuesta dada en la afirmación anterior permitiría evidenciar aspectos positivos en el proceso de formación recibido y que sería un elemento importante para transformar y considerar que al realizar su ejercicio profesional tendrían en cuenta a la ciencia como una actividad humana que se encuentra sujeta a que el docente pueda cuestionarlo, y que en medio de este proceso surjan preguntas para lograr dotar de significado la interpretación de los fenómenos naturales. (Ver figura 4)

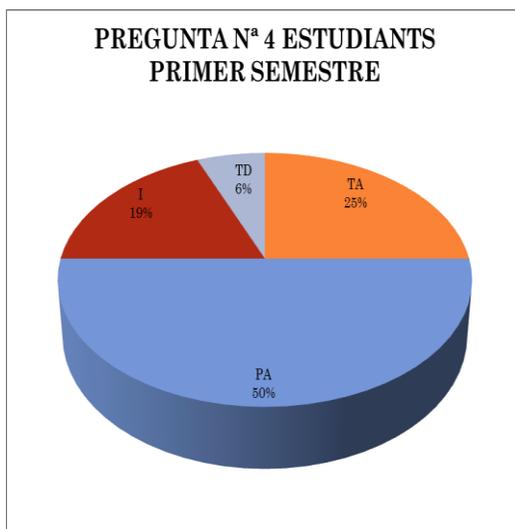


Figura 4. Respuesta estudiantes afirmación 4. “El profesor es un mediador entre el conocimiento científico de los expertos y el estudiantado, para contribuir a transformar las pautas sociales, culturales y científicas vigentes.”.

Al igual que los estudiantes de último semestre los estudiantes que inician un proceso de formación como docentes manifiestan que la resolución de problemas científicos constituye el eje central en los procesos de la ciencia con los estudiantes, es así que un 25% está totalmente de acuerdo y un 56% parcialmente de acuerdo, lo que constituye un referente fundamental a tener en cuenta para identificar las problemáticas en la enseñanza de las ciencias. Se encuentra además un 13% parcialmente en desacuerdo y un 6% indecisos, lo que posiblemente está relacionado con una manera diferente de enseñanza de la ciencia que han recibido en su proceso de formación, y que es necesario trabajar en procesos de formación para generar para apropiación y postura de parte de los futuros docentes.

Se encuentra que los docentes de último semestre encuestados en un 62% encuentran la resolución de problemas científicos como un aspecto central en los procesos de enseñanza, lo que reafirma el carácter incuestionable de la ciencia, en donde el conocimiento es único y verdadero, lo que permite que la ciencia se vea como algo mecánico, en donde se deben resolver problemas y para ello se necesita de cualidades excepcionales que no todos tienen, lo que la hace dura, rígida y por lo tanto muy pocos pueden acceder a ella. Igualmente se resalta que no se evidencia una diferencia significativa entre los estudiantes de primer y último semestre. (Ver figura 5)

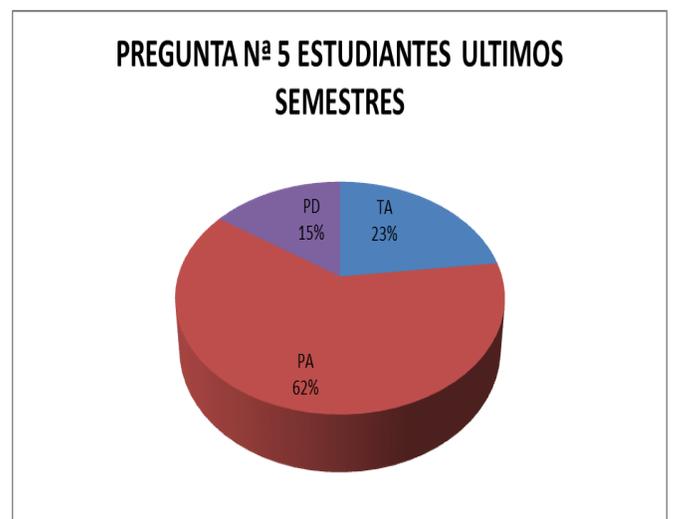
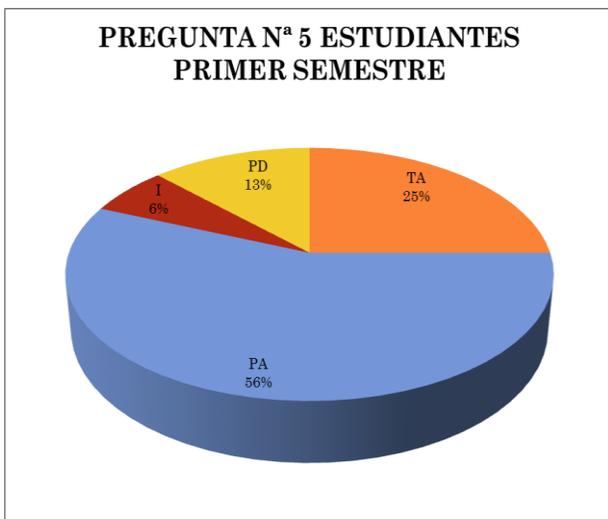
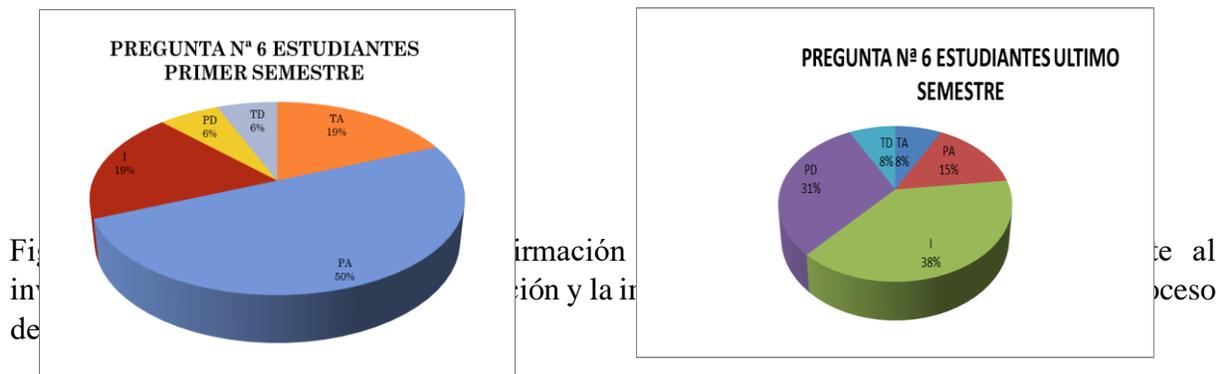


Figura 5. Respuesta estudiantes afirmación 5. “La resolución de problemas científicos constituye el eje principal de los procesos de desarrollo de los estudiantes en el ámbito de las ciencias”

Al interrogar sobre la función de la metodología para el investigador los estudiantes de primer semestre a diferencia de los estudiantes de último semestre encuentran que la metodología científica permite al investigador utilizar la intuición y la creatividad, es así que un 50% de los encuestados está parcialmente de acuerdo, un 19% totalmente de acuerdo, lo que permite deducir que la ciencia dentro de sus mundos requiere de estos procesos, y que en algún momento dentro de los procesos de enseñanza se dejan a un lado, llevando al estudiante a cambiar sus percepciones frente a la ciencia y el trabajo alrededor de ella. El porcentaje de indecisos a diferencia de los estudiantes de último semestre es relativamente más bajo, tan solo un 19% se encuentran en esta posición, lo que puede estar relacionado con la formación académica recibida y que finalizado un proceso de formación no permite consolidar posturas.

Los estudiantes de último semestre manifiestan en un 31% estar en desacuerdo en que está permita desarrollar procesos de imaginación e intuición, lo que está muy relacionado con la percepción que se tiene sobre el método científico como un proceso secuencial, lineal, rigurosos y único válido para hacer ciencia, en donde como consecuencia no se da cabida al error, la imaginación. Igualmente, esto es reforzado en las clases de ciencias en donde las practicas experimentales están limitadas a seguir los pasos establecidos en guías de laboratorio. Por otro lado, se encuentra que los estudiantes en un 38% se encuentran indecisos y por lo tanto no tienen una posición al respecto, lo que hace necesario trabajar estos aspectos en la formación docente. (Ver figura 6)



Frente a la pregunta relacionada con la neutralidad de la ciencia, los estudiantes de primer semestre se encuentran un 12% totalmente de acuerdo y un 25% parcialmente de acuerdo, lo que es menor comparado con los estudiantes de último semestre. El porcentaje de indecisos es igualmente alto si se compara con lo encontrado en los estudiantes de último semestre, es así que un 38% de los estudiantes se encuentran en esta posición, lo que establece de alguna manera la necesidad de introducir en los estudiantes dentro de su formación curricular aspectos de la historia y filosofía de la ciencia, como una forma de llevar nuevas miradas a los estudiantes que garanticen mejores prácticas profesionales al momento de terminar la formación profesional recibida.

Un 38% de los estudiantes de último semestre consideran estar de acuerdo con la afirmación, lo que evidencia concepciones de ciencia descontextualizadas, dado que no permiten considerar la importancia de la imaginación, la creatividad para los procesos de enseñanza, igualmente no se percibe los intereses que se dan en la ciencia y que inciden en su desarrollo, en donde la ciencia hace parte de la cultura. Se presenta al igual que en la pregunta anterior un alto porcentaje de estudiantes que no toman posición y frente a lo cual se puede abordar en procesos de formación mediante la importancia de introducir la historia de la actividad experimental en la enseñanza. (Ver figura 7)

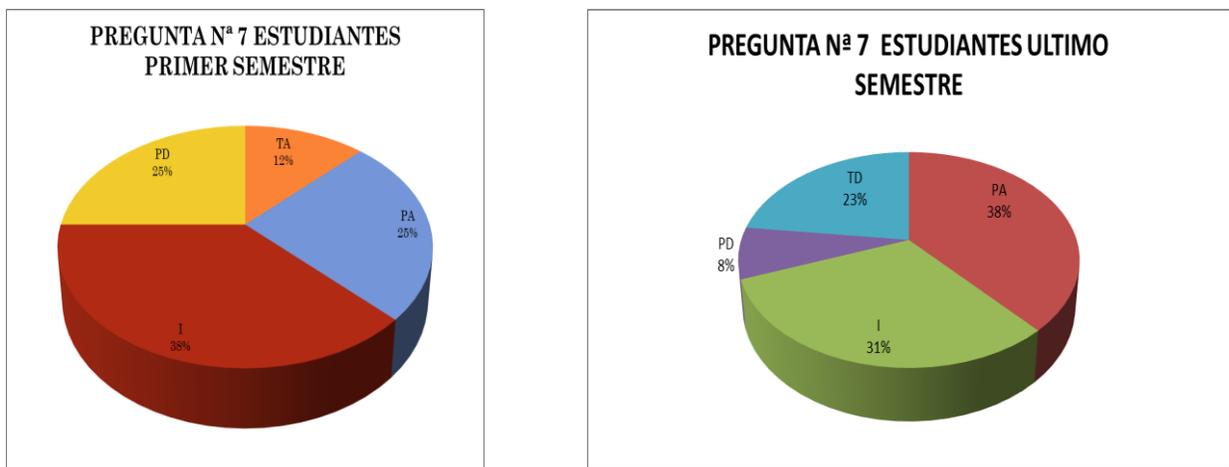


Figura 7. Respuesta estudiantes afirmación 7. “La objetividad de los científicos y sus métodos permiten que la ciencia sea neutral e imparcial frente a la interpretación de los fenómenos del mundo”

Frente a la preguntar si los conocimientos científicos que han adquirido un reconocimiento y legitimación universal difícilmente cambian, los estudiantes de primer semestre un 31% se encuentran parcialmente de acuerdo y un 7% totalmente de acuerdo, lo que evidencia una concepción de ciencia estática y rígida, en donde el papel del docente se limita a transmitir los

aportes de la ciencia. En contraste un 31% está parcialmente en desacuerdo y un 6% totalmente en desacuerdo, lo que permite inferir que entre más temprano en los procesos de formación de los docentes se incluyan aspectos que lleven a pensar la ciencia y su complejidad, los estudiantes tendrán mejores desempeños como docentes, dado que desarrollarán procesos más allá de lo memorísticos en las aulas de clase. Esto además teniendo en cuenta que se encuentra un alto porcentaje de indecisos que llegan a ser de un 25%, a diferencia de los de último semestre que solo fue de 7%.

Resulta interesante que, aunque los estudiantes de último semestre reconocen el carácter cambiante del conocimiento científico, se presenten contradicciones con las respuestas dadas en las preguntas anteriores, lo que permite evidenciar que, aunque se reconoce que la ciencia cambia, esto no se hace evidente en el aula de clase, dado el carácter mecánico, instrumental y conceptual desde el que se aborda la comprensión de los fenómenos físicos, químicos y biológicos. (Ver Figura 8)

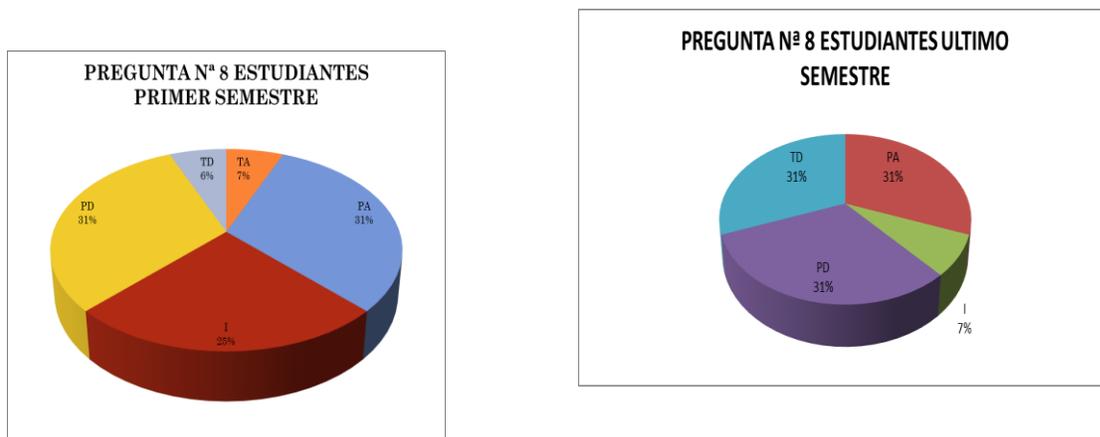


Figura 8. Respuesta estudiantes afirmación 8. “Los conocimientos científicos que han adquirido un reconocimiento y legitimación universal difícilmente cambian”

Por otro lado, se realizó entrevista a una muestra de los estudiantes, en donde se registraron de acuerdo a las categorías las respuestas de los estudiantes relacionados con la ciencia y la enseñanza de la genética.

Es así que al preguntar por los objetivos o finalidades de la ciencia (Ver figura 9) se evidencia que los estudiantes tienen diversas opiniones al respecto, sin embargo, se resalta que sus opiniones giran en torno a la generación de conocimiento y aprendizaje, al mencionar que a través de la ciencia se conocen los fenómenos de la naturaleza, se brinda un conocimiento del mundo, y por otro lado a aspectos sociales a través del desarrollo científico, la participación en

proyectos investigativos que aportan al desarrollo social y humano, lo que puede ser interesante desde el enfoque de las ciencias desde la perspectiva cultural. Igualmente es necesario a partir de lo encontrado en los estudiantes fortalecer una imagen de ciencia en donde se pueda contextualizar la finalidad de la actividad experimental y las dinámicas que se dan en la actividad científica, que a través de la historia se enriquece con ejemplos de errores, intereses y aspectos sociales que han generado avances y a su vez retroceso en el conocimiento científico.

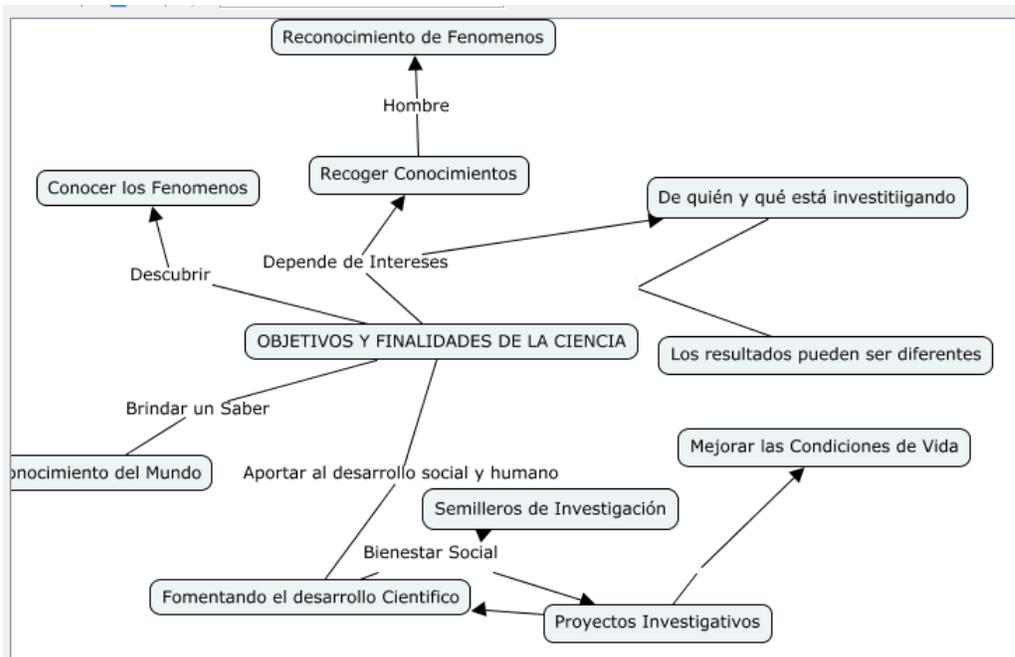


Figura 9. Objetivos y finalidades de la ciencia.

Igualmente, al preguntarle a los estudiantes alrededor de lo que consideran es el objetivo del trabajo de los científicos (Ver figura 10), en coherencia con las respuestas dadas a la pregunta anterior, sus respuestas están dadas muy hacia un proceso metodológico, de tener herramientas para dar explicaciones e investigar sobre ciertas temáticas, de esta manera intervenir y favorecer el desarrollo científico, lo que permite reafirmar que es necesario fortalecer los procesos de enseñanza a través de la enseñanza de la ciencia desde una perspectiva cultural.



Figura 10. Objetivo del trabajo de los científicos.

Por otro lado, al ser interrogados alrededor de las consecuencias de los resultados de la ciencia en la sociedad, reflejan posiciones altruistas, en donde la ciencia mejora la calidad de vida, permite conocer más del mundo, lo que permite desarrollo científico y un progreso de la humanidad (Ver figura 11).

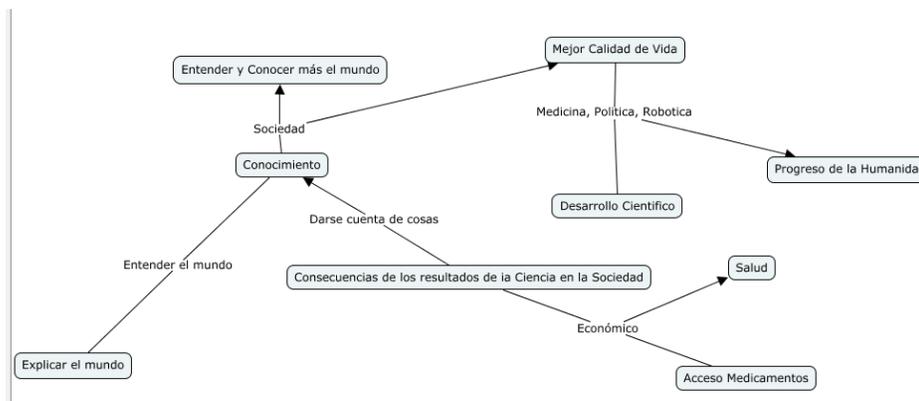


Figura 11. Consecuencias de los resultados de la ciencia en la sociedad.

Con el fin de conocer detalles sobre las actividades experimentales que desarrollan dentro los procesos de enseñanza, en particular, para el caso de la genética, los estudiantes manifiestan

que estas no se realizan para este tema en particular, se trabaja por el contrario videos, realización de ejercicios y si se hacen son a través de pasos mecánicos y para reforzar la temática de ADN, de lo cual generalmente se debe presentar a partir de la guía dada por el docente un informe final, que involucra en algunas ocasiones preguntas problematizadoras. Lo anterior, permite evidenciar que, en la enseñanza de las ciencias, la actividad experimental ha tenido un papel subsidiario de la teoría y que, por lo tanto, requiere nuevas miradas para generar una mejor perspectiva para la enseñanza de las ciencias.

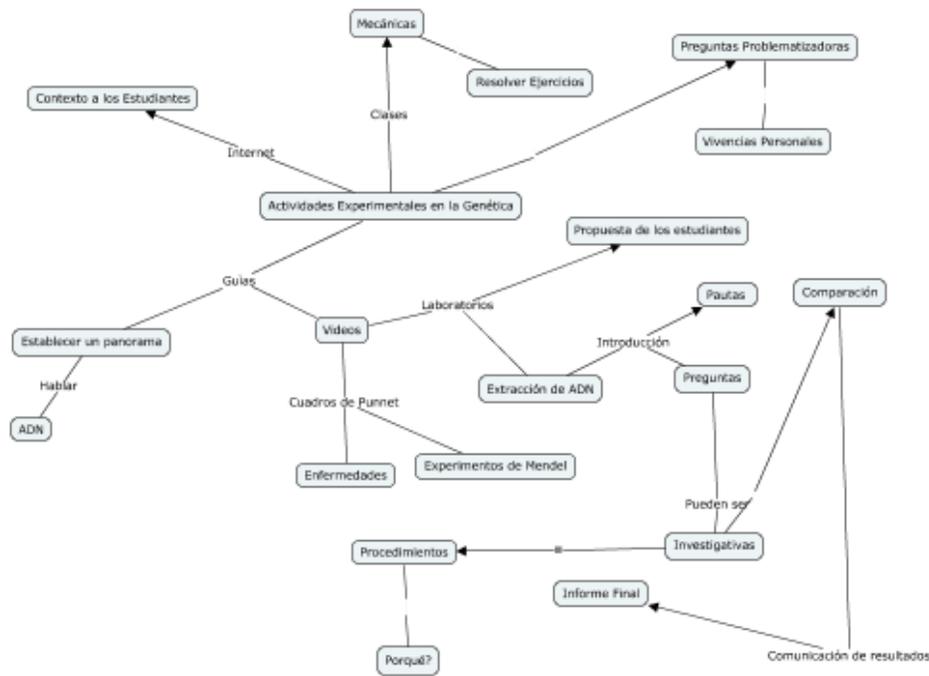


Figura 12.

Así mismo, esas actividades (así como las actividades de laboratorio) en este caso de la genética, que a través de la teoría se vienen desarrollando, al igual que consideran que se busca hacer ciencia a partir de lo mínimo, desarrollando experiencias significativas, en donde surgen investigadores, pequeños científicos, lo que permite analizar la importancia de la formación de los futuros docentes en una buena enseñanza de la actividad experimental, en donde se pueda favorecer estos aspectos que perciben los estudiantes.

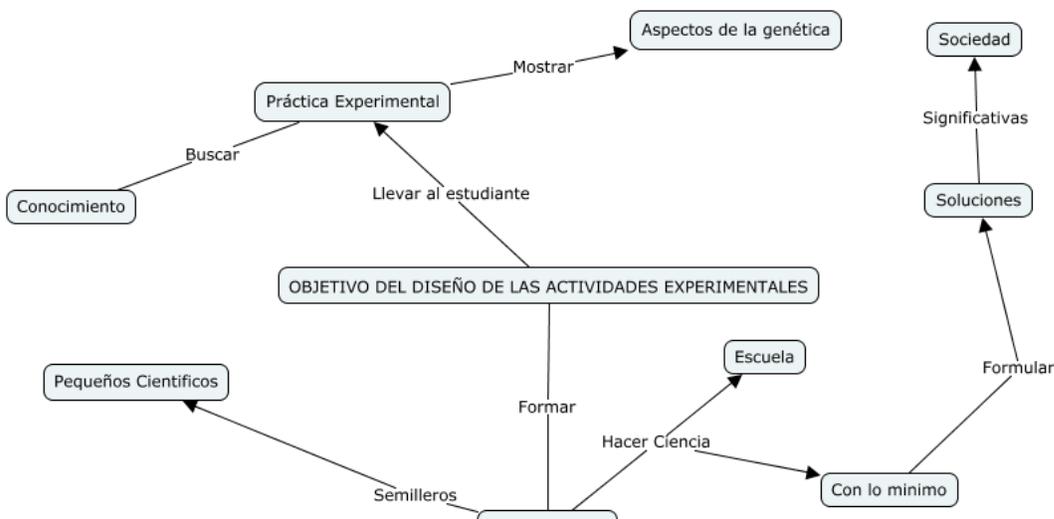


Figura 13. Objetivo del diseño de las actividades experimentales.

Por otro lado, al ser cuestionados frente a como fueron evaluadas esas prácticas experimentales (Ver figura 14), mencionan que la evaluación está relacionada con el saber hacer, el seguimiento metodológico de la guía dada por el docente, la disposición, que finalmente son consolidadas en un informe que es entregado al docente. Es importante mencionar que los roles que se asumen al realizar la actividad experimental, determina las relaciones entre los compañeros, y en donde se busca por parte de los docentes que el estudiante se arriesgue y genere procesos de argumentación e indagación.

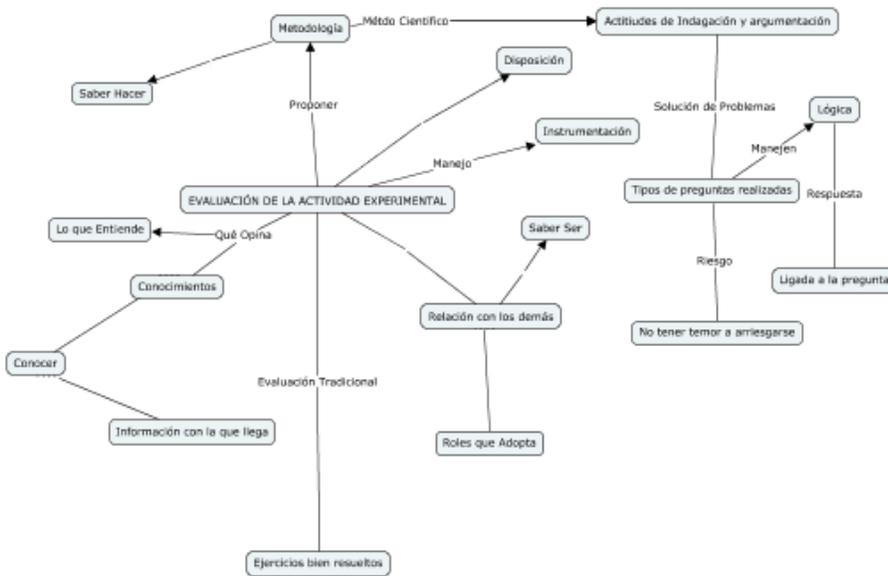


Figura 14. I

Por otro lado, los estudiantes mencionan que la evolución del conocimiento científico ha jugado un rol importante en lo que ellos tenían antes de realizar la actividad experimental, donde se tengan en cuenta estos aspectos.

ural, los estudiantes mencionan que la evolución del conocimiento científico ha jugado un rol importante en lo que ellos tenían antes de realizar la actividad experimental, donde se tengan en cuenta estos aspectos.

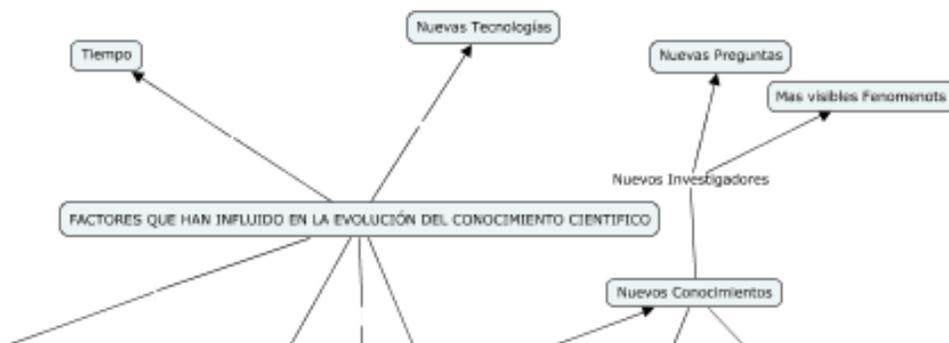
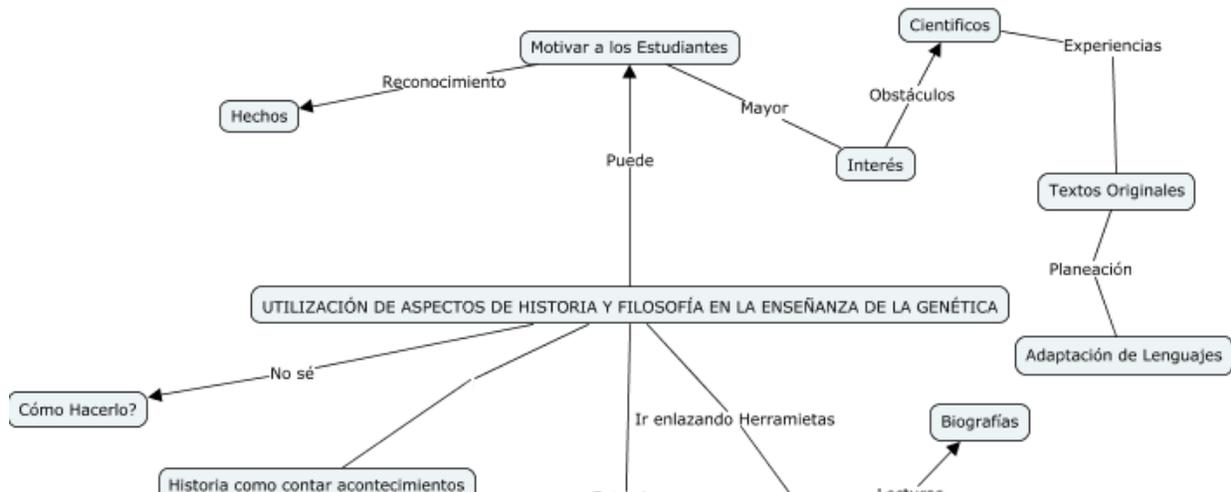


Figura 15. Factores que han influido en la evolución del conocimiento científico.

Frente a la utilización de aspectos de la historia y filosofía en la enseñanza de las ciencias (Ver Figura 16), es importante resaltar que los estudiantes consideran esto como un aspecto clave y de gran importancia, aunque no tienen experiencias al respecto, si se mencionó una experiencia alrededor de la utilización de textos originales, en donde encontraron significativa la experiencia, que permite motivar a los estudiantes, y en donde se hizo necesario adaptar el lenguaje de los textos, lo que implica un trabajo de planeación y de organización.

Por otro lado, se resalta como algunos estudiantes solo perciben aspectos de la historia como hechos anecdóticos abordados en la clase, para el caso de la genética exposiciones que en ocasiones realizaron sobre la vida de Mendel o narraciones anecdóticas del docente.



Acevedo Díaz, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias.

Adúriz, A. & Izquierdo, M. (2002) Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina Autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1, N° 3, (PP.130-140)

Aduriz Bravo (2001) Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias. En línea en <http://www.tdx.cesca.es>. Bellaterra, servei de publicació de la universitat Autònoma de Barcelona.

Alexandre, M. P. J. (2010). *10 Ideas Clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas* (Vol. 12). Graó.

Amelines, P. A., & Romero-Chacón, Á. E. (2014). Análisis de una propuesta pedagógica sobre el papel de la experimentación fundamentada en reflexiones acerca de la Naturaleza de las Ciencias. III Conferencia Latinoamericana del International, History and Philosophy of Science Teaching Group.

Andrade, A. M. (2014). *Enseñanza de las ciencias y cultura: múltiples aproximaciones* (pp. 1-187). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Brookfield, S. (1987). *Developing critical thinkers*. Milton Keynes: Open University Press.

Cachapuz, A., Gil-Perez, D., Carvalho, A. D., Praia, J., & Vilches, A. (2005). A necessária renovação do ensino das ciências.

Cambers, A., Carter-Wells, K. B. A., Bagwell, J., Padget, J. G. D., & Thomson, C. (2000). Creative and active strategies to promote critical thinking. In *Yearbook of the Claremont Reading Conference* (pp. 58-69).

Caravita, S. y Hallden, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 89-111.

Cardoso, N; Morales, E y Vázquez, A . (2009). Actitudes hacia la Naturaleza de la Ciencia (NdC) en profesores de Ciencia y Matemáticas y en profesores de Humanidades y Sociales de la educación Media Colombiana. En: *Revista de Enseñanza de las ciencias*; VIII, Congreso Internacional Sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias.

Cardoso, N, Morales, E y Vázquez, A. (2009a). Los profesores de ciencia en la educación media. Una mirada actitudinal sobre las relaciones CTS. *Journal of Science Education*. *Revista en Educación en Ciencias*, 10, 209-224.

Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young People's Images of Science*, Open University Press, Buckingham. Vol 37 (No. 4) (pp. 340-362)

Duschl, R. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias: Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea. (Original en inglés de 1990).

Echeverría, J. (1998) *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Ediciones Akal.

Ennis, R. H. (1985). A logical basis for measuring critical thinking skills. *Educational leadership*, 43(2), 44-48.

García, E. G., & Estany, A. (2011). Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias. *Praxis filosófica*, (31), 7-24.

Garriz, A., & Trinidad-Velasco, R. (2004). El conocimiento pedagógico del contenido. *Educación química*, 15(2), 98-102.

Flavell, J.H. (1979). Metacognition and cognitive Monitoring: A new area of cognitive Development inquiry". *American Psychologist*, 34 (10) pp. 906-911.

Fleck, L. (1987). *Génesis y desarrollo de un hecho científico*. Alianza Editorial. Barcelona

Fernández, I; Gil, D, Carrascosa, J; Cachapuz, A, Praia, J. (2002). Visiones Deformadas de la Ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 2002, 20 (3), 477-488.

Feyerabend, P. (2000). *Tratado contra el método: Esquema de una teoría anarquista del conocimiento*, Ed. Tecnos, Madrid.

Gallagher, J.J. (1991). Perspective and Practising Secondary School Science Teachers Knowledge and Beliefs about the Philosophy of Science. *Science Education*, 75(1), pp. 121-133

Guzmán, S. y Sánchez E., P. (2006). Efectos de un programa de capacitación de profesores en el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en estudiantes universitarios en el sureste de México. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2 (8). 12 de mayo 2006. Disponible en <http://redie.uabc.mx/vol8no2/contenido-guzman.html>

Hacking, I, Dominguez, S.G. (1996). *Representar e Intervenir*. México: Paidós.

Halpern, D. (2006). *Halpern Critical Thinking Assessment Using Everyday Situations: Background and scoring standards (2° Report)*. Unpublished manuscript. Claremont, CA: Claremont McKenna College.

Heissenberg, W. (1985). *La imagen de la naturaleza en la física actual*. Ediciones Orbis, S.A. Barcelon

Izquierdo, M. (2000). Fundamentos epistemológicos, en Perales, F.J. y Cañal, P. (comps.). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*, pp.35-64. Alcoy: Marfil.

Laskey, M. L. y Gibson, P. W. (1997). *College study strategies: Thinking and learning*. Needham Heights, MA: Allyn and Bacon.

Latorre, A. (2007). La investigación - acción. Conocer y cambiar la práctica educativa. Barcelona: Graó.

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. *Handbook of research on science education*, 2, 831-879.

Lederman, N. (2006). Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future. En *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1), <http://www.ied.edu.hk/apfslt/>.

Lederman, N. (1999). Teachers' understanding of the nature of science: factors that Facilitate or impede the relationship. En *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.

Lederman, N. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. En *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.

Matthews. R. (2000). *Time for science education. How teaching the history and philosophy of pendulum motion can contribute to science literacy*. Nueva York: Plenum Publishers.

Mc Comas, W., Clough, M.; Almazroa, H. (1998) The Role and Character of the Nature of Science in Science Education. *Science & Education*, v.7, n.6, p. 511-532.

Porlán Ariza, R., Rivero García, A., & Martín del Pozo, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 155-171.

Porlán, R. (1997). Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias por investigación.

Prigogine, I., & Stengers, I. (1994). *La nueva alianza: metamorfosis de la ciencia*. Alianza Editorial.

Quintanilla, M. (2017). La historia de la ciencia y su aporte a la investigación didáctica, la formación del profesorado y el aprendizaje de las ciencias. *La historia de la ciencia en la investigación didáctica*, 17.

Restrepo Olaya, M. C., Guzmán Restrepo, J. F., & Romero Chacón, A. E. (2013). Procesos argumentativos de profesores de ciencias: una propuesta pedagógica centrada en la experimentación y fundamentada en reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias.

Ruiz, M. G., & Flores, R. C. (1999). Actividades experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales en educación básica. *Perfiles educativos*, (84).

Seguel-Palma, F. A., Valenzuela-Suazo, S., & Sanhueza-Alvarado, O. (2012). Corriente epistemológica positivista y su influencia en la generación del conocimiento en enfermería. *Aquichan*, 12(2), 160-168.

Schraw, G. (1998). Promoting general metacognitive awareness. *Instructional science*, 26(1-2), 113-125.

Schraw, G. y Moshman, D (1995). Metacognitive Theories. *Educational Psychology Review*, 7, (4), pp.351-371

Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.

Solbes, J., & Torres, N. (2012). Análisis de las competencias de pensamiento crítico desde el abordaje de las cuestiones sociocientíficas: un estudio en el ámbito universitario. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, (26).

Sandoval, C. (2002). *Investigación Cualitativa*. Bogotá: Arfo Editores.

Tamayo, A. O. E. (2006). La metacognición en los modelos para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. En *Los bordes de la pedagogía: del modelo a la ruptura* (pp. 275-306). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Tamayo, A. O. E. (2005) Aportes de la naturaleza de la ciencia y del contenido pedagógico del conocimiento para el campo conceptual de la educación en ciencias, enseñanza de las ciencias, número extra, VII congreso,

Tamayo, A. O. E. (2001). *Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.

Tamayo, O.E. (2007). La reflexión metacognitiva en el aprendizaje de conceptos científicos. *Novedades educativas*, 192/193, pp106-112

Tamayo, A. O. E. (2009). *Didáctica de las ciencias: La evolución conceptual en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias*. Manizales: Editorial Universidad de Caldas.

Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A., y Acevedo, P. (2006). Creencias ingenuas sobre naturaleza de la ciencia: consensos en sociología interna de ciencia y tecnología. *Actas*



Revista *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*. Año 2021; Número **Extraordinario**. ISSN 2619-3531. *Memorias V Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias*. 23 y 24 de septiembre de 2021. Modalidad virtual.

del IV Seminario Ibérico de CTS en la Educación Científica: *Las relaciones CTS en la Educación Científica*. Málaga: Universidad de Málaga (3-5 de julio de 2006), edición en CD.