

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
PROGRAMA DE DOCTORADO INTERINSTITUCIONAL EN EDUCACIÓN
ÉNFASIS EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS

NUESTRAS INVESTIGACIONES EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS Y LAS
RELACIONES ENTRE FILOSOFÍA DE LAS CIENCIAS Y ENSEÑANZA DE LAS
CIENCIAS

Periodo Académico: 2009

Semestre: A

Fecha de presentación: Febrero 9 de 2009

Fecha de realización: Seminario intensivo del 16 al 19 de junio de 2009

Título del Seminario: Nuestras Investigaciones en Educación en Ciencias y las relaciones entre Filosofía de las Ciencias y Enseñanza de las Ciencias.

Tipo de Seminario: Énfasis en Educación en Ciencias

Número de Créditos Académicos: Dos (2)

Profesores: Carlos Javier Mosquera Suárez y Agustín Adúriz – Bravo

Objetivo general:

- **Aportar a la fundamentación epistemológica de las Tesis Doctorales en curso elaboradas por los Estudiantes del Doctorado Interinstitucional en Educación, en especial aquellas que dirijan su atención al profesorado de Ciencias.**

CIENCIA E HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA DE LA CIENCIA

Objetivos Específicos:

- Profundizar en las diferentes posturas epistemológicas que sobre el Conocimiento Científico se han planteado a la par con el desarrollo del Conocimiento Científico.
- Indagar y reconocer las implicaciones educativas que la investigación contemporánea en Filosofía de las Ciencias ha tenido en el desarrollo de la Didáctica de las Ciencias.
- Conocer de primera mano, experiencias de investigación realizadas por autores especializados, en torno a las relaciones entre Filosofía de las Ciencias y Enseñanza de las Ciencias.

Introducción

Una de las líneas de investigación en educación prioritaria en la actualidad, tiene que ver con las concepciones del profesorado en torno al conocimiento disciplinar y educativo implícito y explícito que se pone en escena en el acto de enseñanza y aprendizaje. Los desarrollos en esta línea han conducido a examinar no solo la naturaleza de dicho conocimiento, sino también las posibilidades de modificación de cara a una enseñanza que favorezca aprendizajes según lo esperado en la investigación pedagógica, didáctica y cognitiva contemporáneas. Ello ha implicado, desde la perspectiva de la investigación educativa, conceder una especial atención a los principios filosóficos que sustentan los conocimientos disciplinares de referencia de los profesores, los conocimientos educativos en el plano pedagógico, didáctico y psicológico, y las interrelaciones entre estos conocimientos. A partir de estos principios filosóficos, se examinan en particular los fundamentos epistemológicos que permiten conocer la estructura de estos conocimientos, ya que ello favorece el reconocimiento de la naturaleza de dichos conocimientos (origen, concepción de mundo, reglas de validación y aceptación, dinámicas de desarrollo, etc.). La importancia de la caracterización y modificación de las concepciones que sobre el conocimiento disciplinar, el conocimiento educativo, el conocimiento escolar, el conocimiento cotidiano, etc. manifiestan y

emplean los profesores, ha tenido tanta relevancia que incluso su análisis se extiende a su indagación para su desarrollo y modificación en los estudiantes, en el currículo y en libros de texto.

Es por ello que en la actualidad se trabaja significativamente en el conocimiento meta-científico o filosófico de las ciencias, como referente para la consideración del cambio didáctico y del cambio en las maneras de aprender desde perspectivas contemporáneas en torno a la comprensión de la naturaleza de la ciencia. Ello implica que la discusión sobre la o las metodologías posibles para hacer inmersión en la investigación en educación, no puede alejarse de la reflexión y apropiación de consideraciones filosóficas y epistemológicas en torno a los conocimientos que emergen principalmente en el acto educativo. Este propósito, es el que se planea lograr a lo largo de este curso.

Duschl (1997) hace referencia a que los profesores habitualmente nos preocupamos por la enseñanza “de” los conocimientos, es decir, por la estructura visible y explícita expuesta en teorías y en conceptos científicos. Sin embargo esto ha hecho que muchas veces dejemos de lado aspectos muy importantes sobre la naturaleza interna e implícita del conocimiento que justamente es lo que puede ayudarnos a encontrar sentido a los conocimientos que abordamos en el acto educativo y en la investigación educativa. A esos conocimientos implícitos Duschl (1997) los denomina conocimientos “sobre” el conocimiento científico.

La noción de “naturaleza” desde su etimología de la raíz griega *physis*, está relacionada con los verbos *crecer* o *nacer* y desde allí se tratan los diferentes enfoques sugeridos a lo largo de la historia para comprender la naturaleza del conocimiento científico. Los primeros filósofos presocráticos emplean la idea de *Physis* con tres significados diferentes:

a) que se trata de una sustancia primordial de la que surgieron todas las cosas,

b) que es un proceso de crecimiento y diferenciación de las cosas a partir de una sustancia original y.

c) que es el resultado del proceso de crecimiento y diferenciación.

Este último significado corresponde mejor con la traducción latina de *natura*, que conduce a la idea de lo *natural* y que daría lugar a la palabra *naturaleza*. En la cultura griega, cuna del pensamiento occidental, no se postula una palabra precisa y unívoca para connotar nuestro término actual de ciencia. Por el contrario, varios vocablos fueron empleados con la idea de explicar la ciencia: filosofía o “amor por la sabiduría”, epistemi o el “conocimiento del conocimiento mediante la contemplación y la especulación” y, el peryfysis o historia o la “investigación acerca de la naturaleza” (Duschl, 1997). Este autor sugiere que la filosofía de la ciencia se soporta en una tríada donde confluyen tres componentes que en suma, nos brindan las claves para comprender la naturaleza interna de los conocimientos. Dichas componentes son la metafísica, la lógica y la epistemología.

La metafísica, rama de la filosofía de la ciencia da cuenta de la pregunta ¿qué existe y cuál es la naturaleza o estructura de lo que existe? La metafísica ha sido abordada desde dos tendencias: la primera la sugiere como especulación sin prueba o justificación alguna y se deriva de una investigación científica concreta y empírica; la segunda tendencia sugiere que se trata de un pensamiento sistemático, crítico y especulativo como parte de la ciencia siendo entonces un “esquema conceptual general” desde el cual se formulan las hipótesis de las teorías científicas.

La metafísica pasa a ser entonces, desde la segunda perspectiva para su análisis, un elemento fundamental de la filosofía de la ciencia que contribuye a la elaboración de ideas reguladoras, es decir, a una heurística de la ciencia. En otras palabras, puede convertirse en “obstáculo epistemológico” (Bachelard, 1938) dinamizador en el desarrollo metodológico de una investigación en torno a la

ciencia o a la educación en ciencias. En tal sentido, esta concepción de la metafísica en la ciencia puede tener implicaciones relevantes para la enseñanza de las ciencias, ya que a partir de un pensamiento creativo, con preguntas de naturaleza metafísica, puede apoyarse la construcción de problemas interesantes para los estudiantes que luego podrían ser susceptibles de elaborarse como contenidos científicos escolares.

Desde el punto de la componente epistemológica de la filosofía de la ciencia, interesan preguntas como las siguientes: ¿cómo se produce el conocimiento científico? ¿Cómo justificamos nuestras pretensiones acerca del conocimiento?, es decir, ¿Cómo se valida y cómo se socializa el conocimiento científico? La epistemología, entendida como teoría sobre el conocimiento científico, brinda instrumentos para la adquisición y consolidación del conocimiento científico y para comprender aspectos especiales de los que los científicos se valen para llegar a conocer. Desde este punto de vista, interesa a la epistemología reflexionar sobre el papel que juega la observación en el conocimiento científico, el papel de la descripción y la clasificación, de la inferencia, del razonamiento de la ciencia, de la naturaleza de las hipótesis, del papel de los modelos, leyes y teorías científicas, y de las condiciones acerca de las características del descubrimiento científico. En consecuencia, la metodología de la ciencia tiene un interés epistemológico, y por ello la justificación por la elaboración de conocimientos sobre diferentes “modelos epistemológicos”.

Desde cada modelo, es posible entonces considerar y comprender cómo se razona desde las ciencias, cuál es el papel de las hipótesis, cómo surgen las teorías y los conceptos, cuáles son las condiciones y características del descubrimiento científico, y ante todo, cuál es el papel sociológico del conocimiento científico, es decir, cuáles son las actividades de la comunidad científica y lo que ello significa. A lo largo del desarrollo del pensamiento humano en torno a las ciencias, simultáneamente se han desarrollado concepciones y comprensiones en torno a la naturaleza de los conocimientos científicos y a sus

relaciones (aproximaciones y distanciamientos) en torno a otras tipologías de conocimientos (como es el caso del conocimiento de sentido común). Estos “modelos epistemológicos” han marcado tendencias en la investigación en educación, que de nuevo justifican su profundización para fundamentar las orientaciones metodológicas que pueden tomarse en la investigación educativa.

Así por ejemplo, podemos caracterizar modelos inductivistas entendidos desde la perspectiva de autores como Francis Bacon (1620) que favorecerían posteriormente el desarrollo de la filosofía del círculo de Viena bajo el movimiento del positivismo lógico, modelos falsacionistas desde los puntos de vista de Karl Popper (1962), modelos estructuralistas desde las perspectivas de los Programas de Investigación propuestos por Imre Lakatos (1978) y desde las concepciones sobre Paradigmas y Revoluciones Científicas sugeridas por Thomas Kuhn (1962); o desde las propuestas materialistas racionales como las elaboradas por Gastón Bachelard (1938). Sin duda alguna, una concepción y práctica metodológica para seguir una investigación en educación, está fuertemente permeada por las concepciones que sobre la ciencia desarrolle y use el investigador (Mosquera, 2001 y 2008).

Volviendo al conocimiento sobre la estructura de la filosofía de la ciencia, se estudia la tercera componente: la lógica. Esta comprende preguntas sobre la relación de los conceptos científicos entre sí, qué es una inferencia válida o un razonamiento correcto y qué es la verdad en la ciencia. Cada cultura tecnológica puede dar una connotación distinta a la lógica del conocimiento científico, entendiéndola como el análisis de las formas de la inferencia que se pueden ocupar de las definiciones, es decir en relación a cómo precisar significados y a comprender cómo los conceptos se relacionan unos con otros, o cómo un concepto se define en función de otro concepto.

Basados en estas consideraciones preliminares, interesa ahondar en esquemas metodológicos para encarar una investigación en educación, considerando las

necesarias reflexiones filosóficas sobre los conocimientos, y en ellas sus perspectivas metafísicas, epistemológicas y lógicas.

La investigación contemporánea en filosofía e historia de la ciencia y sus implicaciones en la enseñanza

Carlos Javier Mosquera-Suárez¹

Como cualquier otra actividad humana, la ciencia tiene su historia. De hecho, las teorías actuales, los desarrollos tecnológicos actuales e incluso, los modelos en elaboración, han sufrido y siguen sufriendo cambios productos de razones “internas” (sucesos al interior de las comunidades científicas) y “externas” (sucesos de índole social, política, económica, etc.). En este sentido, un análisis juiciosos de lo que es la ciencia, su naturaleza, los criterios de validez, en suma, su epistemología, es prácticamente imposible realizarlo sin considerar su historia.

Ubicar el desarrollo de nuestros conocimientos científicos nos da una idea acerca de cómo hemos sostenido una lucha permanente para superar la superstición y el sentido común. Pero, los científicos y las científicas, no son seres de otro lugar, ni viven como habitualmente se piensa, en “torres de marfil”, alejados de cualquier clase de contaminación de sus pensamientos. Resulta entonces interesante preguntarnos cómo es que viviendo con y junto a otras personas, los científicos(as) han logrado desarrollar nuevas ideas que han concluido en innovaciones conceptuales y prácticas.

Estas grandes transformaciones no han sido fáciles, no ha bastado con elaborar ideas o sistematizar observaciones juiciosas para luego, en cuidadosos informes, dar cuenta de progresos significativos en la ciencia. Recordemos por ejemplo a

1-Universidad Distrital Francisco José de Caldas—Director Grupo de Investigación en Didáctica de la Química DIDAQUIM

Galileo, quien fue llamado a juicio por la inquisición debido a sus teorías heliocéntricas. Grandes descubrimientos científicos han originado grandes controversias religiosas, morales, filosóficas y hasta políticas. Sin embargo, en buena medida, los libros de textos científicos no dan cuenta de estas relaciones de la ciencia con otras esferas de la vida de las personas y del desarrollo de las sociedades. A menudo, se cuenta una historia como resultado de grandes descubrimientos que se han ido acumulando con el paso de los años, con lo cual hemos podido separar lo “correcto” de lo “falso” y consolidar entonces “conocimientos del mundo natural”.

Pero esta perspectiva para explicar el desarrollo del conocimiento científico exige un mayor análisis con el propósito de desmitificar la ciencia y los científicos(as). Parece ser que los nuevos conocimientos siempre han implicado un desafío para las creencias existentes a lo cual las sociedades han ido aceptando al encontrar explicaciones – o aplicaciones – más amplias. Pero, se insiste, estos desarrollos no provienen del simple descubrimiento del mundo natural ni de la aparente objetividad del conocimiento científico. De nuevo surge la necesidad de relacionar conveniente la historia de la ciencia con la epistemología de la ciencia, de cara a desmitificar nuestras ideas en torno a cómo ha sido su desarrollo, pero también para re-posicionar la actividad de los científicos(as). Ello conduce a comprender mejor claves curriculares para que desde la Didáctica de las Ciencias, cuerpo de conocimiento relativamente contemporáneo y que da cuenta de los problemas asociados con la enseñanza y con el aprendizaje de la ciencia, orientemos una formación más humana y en un contexto socialmente amplio, a aquellas personas que en grados de escolaridad obligatoria o voluntaria, se aproximan al conocimiento científico.

La posibilidad de contar con un número mayor de personas interesadas realmente por trabajar en torno al conocimiento científico y a sus implicaciones, pasa por desarrollar en ellos(as) actitudes positivas y motivaciones hacia la ciencia, hacia la actividad científica y hacia las implicaciones sociales de la ciencia. El apoyo de la

investigación en Historia de la Ciencia y en Epistemología de la Ciencia, resultan ser útiles para desmitificar tanto a la ciencia misma como a los científicos y su actividad. Ha de superarse la perspectiva de “héroes” (quienes aportan al desarrollo de nuevos conocimientos, tecnologías y técnicas) y de “villanos” (quienes se oponen a estos desarrollos). Es necesario abandonar la idea de examinar las teorías predecesoras con la óptica de las teorías actuales y para ello hemos de comprender el trabajo de los científicos con todos sus logros y defectos.

La Historia de la Ciencia se ha visto afectada por el imaginario de las “guerras de la ciencia” (Bowler y Rhys, 2007) debido a la tensión y controversia suscitada por la emergencia de ideas y prácticas novedosas respecto a representaciones previas. Se ha creado el mito que la ciencia “descubre” el mundo natural tal y como es, y que para ello los científicos deben afinar sus sentidos para percibir lo que no cualquier persona percibe. Otro debate está en la raíz del apoyo a la ciencia, pues especialmente en los últimos tiempos, su desarrollo ha estado atado al complejo militar – industrial que lo financia (Bowler y Rhys, 2007). Cuando se asume que la ciencia es otro sistema de valores, debemos preguntarnos cómo funciona y cómo incide en otros sistemas de valores como la tecnología o la medicina, pues en la mayoría de las veces, se financia para la obtención de resultados, no por un cuento de hadas (Bowler y Rhys, 2007).

Ello contribuye a desmitificar muchas imágenes habituales de nuestra concepción de ciencia, es decir, en torno a la manera como se elabora, se valida, se desarrolla y en torno al papel que desempeña en ella la cultura, las sociedades, la política y la economía entre otras fuentes de organización y conocimiento. Podemos por ejemplo, replantear nuestras ideas acerca de si los grandes descubrimientos han sido producto de “golpes de genios extraordinarios”, casi sin escasa revisión de conocimientos elaborados anteriormente; si el desarrollo de la ciencia es lineal; si los científicos son personas “casi de otro mundo”, si su inserción a comunidades que desarrollan ciertos programas de investigación desde ciertos referentes

teóricos se explica mediante criterios de racionalidad o se debe a decisiones sociológicas no fáciles de explicar (como la inserción de una persona a una creencia religiosa); si en la ciencia los desarrollos son incontrovertibles y no suscitan polémicas; etc.

Los desarrollos de la nueva investigación en Historia y Filosofía de las Ciencias (Izquierdo, 1996) nos conduce a sorpresas (pues ya no encontramos listados de grandes descubrimientos debidos a la observación cuidadosa y sistemática del mundo natural). De hecho, nuevas consideraciones sobre lo que es la ciencia, cuáles son sus métodos (no un método) de desarrollo, cómo se validan y aceptan los nuevos desarrollos conceptuales o tecnológicos, cómo trabajan los científicos, etc., tienen incidencia directa en las orientaciones recientes en la investigación en enseñanza de las ciencias (Matthews, 1994).

La nueva historia y filosofía de las ciencias, muestra una cierta irracionalidad del cambio científico, lo que ha implicado una estrecha colaboración entre estos dos campos del conocimiento. Lakatos, citado por Izquierdo (1996), afirmaba que “la filosofía sin la historia es vacía, pero la historia sin la filosofía es ciega”.

Bachelard (2004), primera edición de 1938, afirmaba entre otras cosas que :Pag-4.——e-

El estudio de la Ciencia abordado desde condiciones psicológicas nos permite abordar el problema del conocimiento científico en términos de obstáculos. Los obstáculos internos son confusiones en el acto mismo de conocer. A estos obstáculos internos se les llama obstáculos epistemológicos, ellos son causas de estancamiento, retroceso, inercia.

Se conoce en contra de un conocimiento anterior, destruyendo conocimientos mal adquiridos o superando aquello que, en el espíritu mismo, obstaculiza a la espiritualización. En este sentido, no partimos de cero, frente a lo real el alma no es ingenua. Es imposible hacer de golpe, tabla rasa de los conocimientos.

usuales. Bachelard (2004) por ello insiste que en la cultura científica, el espíritu jamás es joven. Es siempre viejo, pues tienen la edad de los prejuicios.

Acceder a la ciencia, es rejuvenecer espiritualmente, pues es un cambio para contradecir al pasado. La ciencia, se opone a la opinión. Al designar a los objetos por su utilidad, la opinión se prohíbe de conocerlos. La opinión es el PRIMER OBSTÁCULO a superar: Es necesario saber plantear los problemas, en la ciencia los problemas no se plantean por sí mismos. Para un espíritu científico, todo problema es una respuesta a una pregunta. Si no hay pregunta, no puede haber conocimiento científico. Nada es espontáneo, nada está dado, todo se construye. Un conocimiento adquirido por un esfuerzo científico anterior puede declinar. Costumbres intelectuales que fueron útiles y sanas pueden trabar la investigación.

La dinámica de la ciencia es contraria a la dinámica del sentido común. Con el uso, las ideas científicas se valorizan indebidamente. A veces, una idea dominante polariza al espíritu en su totalidad. El instinto formativo acaba por ceder frente al espíritu conservativo. Llega un momento en el que el espíritu prefiere lo que confirma su saber a lo que lo contradice, prefiere las respuestas a las preguntas. En la ciencia, un pensamiento ansioso desconfía de las identidades más o menos aparentes. Precisar, rectificar, diversificar, son tipos del pensamiento dinámico que se alejan de la certidumbre y de la unidad. El historiador de la ciencia toma las ideas como hechos. El epistemólogo toma los hechos como ideas, insertándolas en un sistema de pensamientos. Un hecho mal interpretado en una época, sigue siendo un hecho para el historiador. Según el epistemólogo es un obstáculo, un contra pensamiento.

En la educación, la noción de obstáculo pedagógico es igualmente desconocida. “Frecuentemente me ha chocado el hecho de que los profesores de ciencias, aún más que los otros si cabe, no comprendan que no se comprenda. Son poco numerosos los que han sondeado la psicología del error, de la ignorancia y de la irreflexión”, argumentaba Bachelard. Los profesores de ciencias imaginan que el

espíritu comienza como una lección, que siempre puede rehacerse una cultura perezosa repitiendo una clase, que puede hacerse comprender una demostración repitiéndola punto por punto. No reflexionan sobre que el adolescente llega al curso de física con conocimientos empíricos ya constituidos; no se trata pues, de adquirir una cultura experimental, sino de cambiar una cultura experimental, de derribar los obstáculos amontonados por la vida cotidiana.

Toda cultura científica debe comenzar por una catarsis intelectual y afectiva. Queda luego lo más difícil: poner la cultura científica en estado de movilización permanente, reemplazar el saber cerrado y estático por un conocimiento abierto y dinámico. Un educador no tiene el sentido del fracaso, porque se cree un maestro. Quien enseña manda.

La experiencia básica, la observación básica, es siempre un PRIMER OBSTÁCULO para la cultura científica. No hay más que describirla y maravillarse. Hay que poner de relieve que entre observación y experimentación no hay continuidad, sino ruptura. Es necesario que el pensamiento abandone al empirismo inmediato. El pensamiento empírico adopta entonces, un sistema. El primer sistema es falso. Pero tiene la utilidad de desprender el pensamiento alejándolo del conocimiento sensible. De la observación al sistema, se va así de los ojos embobados a los ojos cerrados. Podría hablarse de una ley psicológica de la BIPOLARIDAD DE LOS ERRORES. Ello proviene de la actitud polémica del pensamiento científico frente al mundo de la ciencia. Como en una actividad científica debemos inventar, debemos encarar el fenómeno desde otro punto de vista.

Otro es el OBSTÁCULO VERBAL, la falsa explicación lograda mediante una palabra explicativa, a través de esa extraña inversión que pretende desarrollar el pensamiento analizando un concepto, en lugar de implicar un concepto particular en una síntesis racional. Ello nos conduce al OBSTÁCULO DEL SUSTANCIALISMO, a la monótona explicación de las propiedades por la

sustancia el cual se acompaña del obstáculo ANIMISTA EN LAS CIENCIAS FÍSICAS. Otro es el FALSO RIGOR, las dificultades de la información geométrica y matemática, las dificultades en fundar una física matemática susceptible de provocar descubrimientos.

Según Lakatos (1978), en los siglos XVII y XVIII, se esperaba que La metodología proveyese a los científicos de un manual de reglas mecánicas para resolver problemas. Las metodologías modernas o “lógicas de descubrimiento” consisten simplemente en un conjunto de reglas (no rigurosamente interrelacionadas, mucho menos mecánicas) para la evaluación de teorías ya elaboradas. Dichas reglas proporcionan “teorías de la racionalidad científica, criterios de demarcación o definiciones de ciencia”.

Las lógicas de descubrimiento para abordar el estudio de la ciencia son el inductivismo, el convencionalismo, el falsacionismo metodológico y la metodología de los Programas de Investigación Científica. En el INDUCTIVISMO, solo se aceptan en la ciencia, aquellas proposiciones que o bien describen hechos firmes o son generalizaciones infalibles inductivas de aquellos. Cuando el inductivista acepta una proposición científica, la acepta como verdadera por prueba; en otro caso la rechaza. El criticismo inductivista es escéptico: consiste en mostrar que una proposición no está probada, que es pseudocientífica, más bien que en mostrar que es falsa. El historiador inductivista reconoce solo dos clases de descubrimientos científicos genuinos: las firmes proposiciones factuales y las generalizaciones inductivas. Las revoluciones consisten en desenmascarar errores (irracionales) que inmediatamente son desterrados de la historia de la ciencia a la historia de la pseudociencia, a la historia de las meras creencias.

Cada historiografía tiene sus propios paradigmas victoriosos. En la historiografía inductivista son las generalizaciones que Kepler hizo a partir de las minuciosas observaciones de Tycho Brahe; el descubrimiento de la ley de gravitación por Newton generalizando los “phenomena” de Kepler relativos al movimiento

planetario; y el descubrimiento de Ampere de la ley de la electrodinámica al generalizar inductivamente sus observaciones sobre corrientes eléctricas. También que la química moderna comenzó con los experimentos de Lavoisier y sus “verdaderas explicaciones” de los mismos. El historiador inductivista no puede ofrecer una explicación “interna” racional del por qué fueron seleccionados unos determinados hechos en lugar de otros. El inductivismo supone la “teoría externa” que la elección de los problemas está primariamente determinada por estructuras innatas, o por estructuras elegidas arbitrariamente.

De otra parte, el CONVENCIONALISMO acepta la construcción de cualquier sistema de casillas que organice los hechos en algún todo coherente. El convencionalismo no considera ningún sistema de casillas verdadero por prueba, sino solo “verdadero por convención”. Puede abandonarse si es burdo y si se propone otro más simple que lo reemplace. El progreso de la ciencia es acumulativo y tiene lugar en el terreno de los hechos “comprobados”; los cambios a nivel teórico son meramente instrumentales. El progreso teórico es solamente de conveniencia (simplicidad). Se destaca la relación entre CONVENCIONALISMO E INSTRUMENTALISMO. El convencionalismo descansa sobre el reconocimiento de que supuestos falsos pueden tener consecuencias verdaderas y por tanto, falsas teorías pueden tener un gran valor predictivo. Las teorías falsas encubren verdad entre sus signos. La teoría de Popper sentó las bases de una versión del convencionalismo. En el instrumentalismo se consideran las teorías no como verdaderas o falsas sino como “instrumentos” de predicción.

El convencionalista no pone en entredicho la especulación no comprobada, y acepta un sistema de casillas construido sobre una idea imaginaria. El convencionalista compara en busca de simplicidad. Un ejemplo paradigmático para el convencionalista es la revolución copernicana. También las revoluciones de Lavoisier y de Einstein fueron sustituciones de complicadas teorías por otras más simples. La historiografía convencionalista no ofrece una explicación racional del por qué determinados hechos fueron seleccionados con preferencia a otros.

Según el convencionalismo es una “cuestión de hecho” el que, por ejemplo, los grandes científicos lleguen a sus teorías por medio de los vuelos de su imaginación.

EL FALSACIONISMO METODOLÓGICO es una propuesta de Popper que responde a una versión del convencionalismo revolucionario. Según este modelo, una teoría solo es científica si es posible contrastarla con un enunciado básico; y una teoría debe rechazarse si está en conflicto con un enunciado básico aceptado. Además, otra condición que debe cumplir una teoría científica es que pueda predecir hechos nuevos, es decir, inesperados a la luz del conocimiento anterior. Es contrario al código de Popper proponer teorías infaltables o hipótesis *ad hoc* (que no implican predicciones empíricas nuevas). El historiador falsacionista busca grandes y audaces teorías falsables y grandes experimentos cruciales negativos. Las favoritas son las teorías de Newton y de Maxwell, las fórmulas de la irradiación de Rayleigh, Jeans y Wien, y la revolución einsteniana. Algunos de los experimentos cruciales favoritos son el de Michelson – Morley, el experimento del eclipse de Eddington y los experimentos de Lummer y Pringsheim.

Finalmente, en la METODOLOGÍA DE LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. Programas que pueden evaluarse en términos de problemáticas progresivas y estancadas. Las revoluciones científicas consisten en que un programa de investigación reemplaza al otro (superándolo de modo progresivo). Esta metodología toma del convencionalismo la libertad racional de aceptar por convención “enunciados factuales” espacio – temporalmente singulares y teorías espacio – temporalmente universales.

La unidad básica de estimación no es una teoría aislada ni una conjunción de teorías, sino un programa de investigación, con un “centro firme” convencionalmente aceptado y con una “heurística positiva” que defina problemas, esboce la construcción de un cinturón de hipótesis auxiliares, prevea anomalías y las transforme en ejemplos victoriosos; todo según un plan pre-establecido. El

científico registra anomalías, pero mientras su programa de investigación mantenga su fuerza, las deja de lado con toda libertad. Es la heurística positiva, y no las anomalías, las que determinan la elección de los problemas. La mera falsación, no debe implicar rechazo. El experimento crucial es un título honorífico, que puede conferirse a ciertas anomalías sólo cuando un programa de investigación ha sido rechazado por otro. El experimento crucial solo se da a posteriori.

La naturaleza puede decir no, pero la inventiva humana puede gritar más fuerte. Con recursos y algo de suerte, cualquier teoría puede ser defendida progresivamente durante mucho tiempo, incluso siendo falsa. Criterios de progreso y de estancamiento: Un programa de investigación es progresivo mientras su desarrollo teórico anticipa su desarrollo empírico (mientras predice nuevos hechos con cierto éxito). Está estancado si su desarrollo teórico queda rezagado respecto a su desarrollo empírico, es decir, cuando utiliza explicaciones post-hoc o sólo proporciona descubrimientos por casualidad, o predice hechos anticipados por y descubiertos en un programa rival. Si un programa de investigación explica de modo progresivo más que otro rival, el primero reemplaza al segundo, y el programa rival puede eliminarse (se archiva indefinidamente).

La modestia juega un papel importante. Ninguna ventaja de un programa puede considerarse como absolutamente concluyente. No hay nada que garantice el triunfo de un programa, como tampoco hay nada que asegure su derrota. Lo que un falsacionista manifiesta como evidencia para una teoría refutada, en los programas de investigación puede ser una defensa racional de un programa prometedor. Descubrimientos simultáneos en un mismo programa, no son diferentes, más bien se deben a que más tarde se funden en uno solo (científicos que incluso ni se conocen entre sí, pueden avanzar en una misma dirección dentro de un programa). En los programas de investigación, las disputas de prioridad son problemas internos vitales, pues interesa saber qué programa fue el primero en anticipar un hecho nuevo.

De acuerdo con Kuhn (1962), las investigaciones históricas sobre la ciencia nos ilustran sobre diversas teorías en sus aplicaciones conceptuales, observacionales e instrumentales. Se trata de los PARADIGMAS que la comunidad pone de manifiesto en libros de texto, en las clases y en las prácticas de laboratorio. Los miembros de la comunidad aprenden el oficio estudiando a sus propios integrantes y practicando con ellos. Al margen de ambigüedades ocasionales, los paradigmas de una comunidad científica madura se pueden detectar con relativa facilidad.

La búsqueda de un conjunto de reglas en una comunidad, capaz de fundamentar una tradición de investigación normal, se convierte en una fuente de continua y profunda frustración. La ausencia de una interpretación estándar o de una reducción aceptada a reglas no impedirá que el paradigma dirija la investigación. Los científicos trabajan a partir de modelos adquiridos a través de la educación y de la subsiguiente exposición a la bibliografía, a menudo sin conocer plenamente o sin necesidad siquiera de saber qué características han conferido a tales modelos la condición de paradigmas comunitarios.

Los paradigmas podrían determinar la ciencia normal sin la intervención de reglas detectables. La CIENCIA NORMAL puede avanzar sin reglas sólo en tanto en cuanto la comunidad científica pertinente acepte las soluciones concretas a los problemas que ya han sido conseguidas sin ponerlas en tela de juicio. Un periodo PRE – PARADIGMÁTICO está regularmente marcado por debates frecuentes y profundos acerca de los métodos, problemas y normas de solución legítimos. Sirvan más bien para definir escuelas que para producir acuerdo.

Estos debates prácticamente no existen durante un periodo de ciencia normal, pero reaparecen regularmente un poco antes y durante las REVOLUCIONES CIENTÍFICAS, es decir, en aquellos periodos en los que los paradigmas están siendo fuertemente atacados y luego están sometidos a cambio. Puede haber revoluciones pequeñas y otras grandes. Algunas revoluciones sólo afectan a los

miembros de una sub-especialidad profesional, y para tales grupos el descubrimiento de un fenómeno nuevo o inesperado puede resultar revolucionario.

Las reglas explícitas, cuando existen, son normalmente algo común a un grupo de científicos muy amplio, cosa que no tiene por qué ocurrir en los paradigmas. Quienes practican campos científicos muy separados entre sí, se educan mediante la exposición a logros muy distintos descritos en libros muy diferentes. Incluso sucede entre científicos que están en campos estrechamente relacionados. Dentro de un paradigma, no es el mismo paradigma para quienes están dentro de él. Un paradigma puede determinar de modo simultáneo diversas tradiciones de ciencia normal que se solapan sin ser coextensivas. Una revolución producida dentro de una de estas tradiciones no habrá de extenderse también a las demás necesariamente.

Cada especialidad puede hablar de un mismo fenómeno, pero la ven a través de su propia formación y práctica investigadora. Ejemplo: un químico podría ver un átomo de Helio como una molécula pues se comporta como tal según la teoría cinética de los gases. Entre tanto, el físico lo ve como un átomo porque no muestra un espectro molecular.

El desarrollo de estas concepciones filosóficas (y por supuesto de otras muchas más) actuales sobre la ciencia, ha incidido en la construcción de modelos alternativos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias tales como el de esquemas conceptuales alternativos (Driver, 1986) y el de enseñanza aprendizaje por investigación dirigida (Gil, 1985). Recientemente, dentro de los modelos constructivistas, se han propuesto nuevas alternativas al modelo de cambio conceptual, como es el caso del aprendizaje de la ciencia como cambio representacional (Pozo, 1999) y como diferenciación contextual (Taber, 2000). En todo caso, si bien se presentan diversas variables en relación con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, algo similar ocurre con las diferentes posturas contemporáneas e torno a la naturaleza de la ciencia. El conjunto de ideas

actuales en enseñanza de las ciencias, puede sintetizarse en los siguientes puntos comunes que son los que justamente ayudan a identificar lo que entendemos por el *status* de las teorías científicas:

- Las teorías científicas son explicaciones que representan nuestras mejores creencias razonadas sobre el mundo que nos rodea (Duschl, 1997).
- Las teorías científicas identifican y dan sentido a los problemas que abordan, los fundamenta e indaga e concordancia con los propios principios de la teoría. Así mismo, desde la teoría se definen las metodologías para operativizar las situaciones problemáticas y las pautas para evaluar los resultados obtenidos en la investigación que se cursa.
- No necesariamente siempre ha consenso entre las comunidades científicas en relación con una teoría; desde la filosofía contemporánea de la ciencia pueden describirse algunos indicadores (rationales o sociológicos) para comprender cómo se acepta o se rechaza una teoría científica.
- Atendiendo a las diferencias epistémicas entre el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico, el aprendizaje de las ciencias se considera como un cambio en las ideas, conceptos, representaciones, significados, metodologías y actitudes previas frente a nuevas ideas, conceptos, representaciones, significados, metodologías y actitudes.
- Las teorías científicas son el resultado de las actividades científicas (desde la identificación y planteamiento de problemas cualitativos hasta la determinación de soluciones plausibles para los mismos), orientadas a proporcionar explicaciones a los fenómenos.
- La meta de la actividad científica, al igual que la del aprendizaje de las ciencias, está determinada por las posibilidades metacognitivas de los nuevos razonamientos, esto es, tanto científicos como estudiantes deben ser conscientes de las nuevas ideas y deben ser conscientes del potencial heurístico que las nuevas ideas puedan tener en relación con las ideas anteriores (ideas previas). En este sentido, para conceptualizar y encontrar alternativas que favorezcan e desarrollo de pensamientos conscientes, es

de necesaria importancia tener en cuenta los resultados de la investigación en ciencias cognitivas.

- Mientras el conocimiento cotidiano nos ayuda a “describir” cómo funciona el mundo, el conocimiento científico intenta explicar “por qué” ocurre un fenómeno dado y “cómo” ocurre dicho fenómeno. Esto es muy importante a tener en cuenta de cara al sentido innovador de la educación científica: habrá que intentar pasar de una enseñanza y de un aprendizaje de las ciencias puramente descriptivo y repetitivo, a una enseñanza y un aprendizaje crítico y reflexivo alternativo a otras posturas del pensamiento tales como el del sentido común.
- Los hechos en sí mismos no proporcionan comprensión del mundo, son las relaciones entre los hechos, es decir, las teorías, los modelos y las explicaciones propuestas, las que constituyen nuestras comprensiones de esa representación (Duschl, 1997). En otras palabras, según la filosofía constructivista, son las teorías las que dan significado a los datos y no al contrario; las teorías no son un conjunto de datos sino más bien una actividad racional conformada por conceptos, principios y metodologías desde las cuales es posible “observar” el mundo y dar un sentido coherente a una realidad que se construye permanentemente.
- Los cambios en nuestra comprensión de la realidad se deben a cambios en nuestra comprensión de sentido común. Así mismo, dichos cambios pueden deberse a cambios en nuestras representaciones científicas. En ambos casos, dichos cambios pueden ocurrir cuando: 1) se elaboran nuevas teorías a partir de los datos existentes, es decir, cuando se elaboran interpretaciones diferentes para un conjunto de datos y por tanto las relaciones entre esos datos no son iguales y, 2) se elaboran nuevas teorías a partir de nuevos datos.
- En la medida que las teorías científicas cambian producto de la actividad científica, no es posible considerar el crecimiento del conocimiento científico como la adición de nuevas ideas, hechos y teorías predecesoras. Por otra parte, con la ayuda e la sociología de la ciencia, es factible

reconocer que el trabajo científico está más marcado por dificultades que por éxitos y que en la ciencia hay controversias permanentes ya que los científicos no siempre están de acuerdo.

Todos estos elementos han implicado que en la didáctica de las ciencias se tengan en cuenta los aportes de la investigación que se realiza en campos tales como la historia de la ciencia y la epistemología de la ciencia, formas de conocimiento que se constituyen como meta-disciplinas para la Didáctica. Especialmente, se consideran factores como:

- La observación depende de las teorías. La fiabilidad y la objetividad de los datos provenientes de los sentidos es cuestionable. Las observaciones si es que pudieran estar desprovistas e referentes teóricos, no son un fiel reflejo de la realidad.
- La ciencia no se desarrolla con “un” método, los diversos paradigmas (Kuhn, 1962), tradiciones de investigación (Laudan, 1978), programas de investigación (Lakatos, 1978), o dinámica científica (Estany, 1990), definen sus reglas de validación sus propias metodologías.
- El desarrollo del conocimiento científico se caracteriza más por un crecimiento discontinuo, con rupturas y revisiones parciales y totales, que por un crecimiento acumulativo y lineal.

Para terminar con la presentación de este seminario, cabe citar algunos elementos que confluyen en el consenso contemporáneo sobre la naturaleza de las ciencias y que impactan directamente en la investigación y la innovación actual en Didáctica de las Ciencias, y que son recogidos por Matthews (1994) al afirmar que la historia de la ciencia mejora la enseñanza de las ciencias porque:

- Motiva interesa a los alumnos.
- Humaniza los contenidos.

- Proporciona una mejor comprensión de los conceptos científicos mostrando su desarrollo y perfeccionamiento.
- Tiene un valor intrínseco la comprensión de ciertos episodios cruciales en la historia de la ciencia: revolución científica, darwinismo, etc.
- Demuestra que la ciencia es mutable y cambiante y que, en consecuencia, el conocimiento científico actual es susceptible de ser transformado.
- Combato la ideología científicista.
- Permite un conocimiento más rico del método científico y muestra las pautas del cambio de la metodología aceptada.

Metodología

El curso gira en torno a un Seminario investigativo mediado por el modelo de resolución de problemas. Seminario proviene de la palabra latina “seminarius” que quiere decir “semillero”. Su origen en la universidad alemana, como forma de trabajo en los estudios postsecundarios, desarrolla un método donde maestros y alumnos, a partir de la lectura, el análisis y la discusión de diferentes temas o autores específicos, confrontan, discuten, recontextualizan documentos, conceptos y teorías, refutando o aceptando y generando un clima propicio para la elaboración de conocimientos propios por parte de los participantes. En el seminario se “aprende investigando” y se “investiga aprendiendo”, es decir, el aprendizaje es un acto reflexivo y consciente donde se interioriza para comprender, lo que permite asociarlo con la idea de construcción personal en un contexto social.

El seminario basa su razón de ser, más en el aprendizaje que en la enseñanza. Esto no quiere decir que en el seminario no se enseñen conocimientos de por sí importantes, ya que son la herencia de lo que otros han consolidado a partir del desarrollo de sus ideas y de las ideas de otros en el pasado. De lo que se trata, es que la información que en el seminario se reciba, se transforme en conocimientos, se pase del reconocimiento de datos al conocimiento de conceptos y de teorías que dan sentido a los datos. Los asistentes al Seminario deben preparar con

anticipación sus puntos de vista en forma individual o colectiva según sea el caso ejercitándose en el ejercicio de la lectura comprensiva, escribir argumentadamente y verbalizar con fundamento y coherencia.

El Seminario es una forma de trabajo académico propia del ejercicio universitario. El seminario es un intento por construir un pensamiento en el cual los estudiantes jueguen un papel protagónico, distintos a ser receptores pasivos de información. El seminario debe ser un ejercicio de alteridad epistemológica, en el que se comprenda que existen otros con estructuras de pensamiento diferentes a las del profesor; es un espacio en el que se debe tener la capacidad y la posibilidad de disentir, siempre y cuando sea de manera racional, el argumento como poder y no el poder como argumento. El seminario debe ser un intento de ruptura de los saberes establecidos.

Participantes - Roles: El seminario cuenta con la presencia del profesor coordinador y de los asistentes (que pueden ser otros profesores y/o estudiantes). Los asistentes, deben manejar la asignatura con fluidez para que acompañen al coordinador. Los profesores o estudiantes asistentes, bajo la tutoría del profesor, son los encargados de elaborar los planes del seminario de acuerdo con los objetivos de la clase y el tema a desarrollar. Con el seminario se busca renovar la enseñanza, por ello es relevante la idea de adelantar ejercicios cuya intención sea formar investigadores que superen al maestro.

Resultados: El seminario debe ser un semillero de investigación. Éste tipo de seminario de investigación es más analítico; al ser más personal, la metodología depende de las características del grupo y de la temática que se aborde. Dado que el seminario debe ser una especie de “laboratorio de ideas” por sus requerimientos conviene que se desarrolle en los niveles de formación avanzada; los resultados deben ser ensayos, tesis o monografías, en las que el docente asuma el papel de tutor o director.

El seminario se desarrollará en una jornada intensiva de cuatro días hábiles entre los días 16 al 19 de junio de 2009 según las siguientes consideraciones:

1. La sesión de la mañana estará a cargo de los investigadores invitados en la cual, se hará una disertación en formato de conferencia, sesión de clase u otra que se estime apropiada (8:00 – 12:00); la sesión de la tarde estará destinada a conversatorio con los asistentes y dirigida por los ponentes de la jornada de la mañana, consistente en la realización de un taller u otra actividad que privilegie la participación de los asistentes (14:00 – 17:00)
2. Los investigadores que harán parte de este seminario son los Doctores Carlos Arturo Soto Lombana (U. de Antioquia), Ángel Romero (U. de Antioquia), Alfonso Claret Zambrano (U. del Valle), Oscar Eugenio Tamayo (U. de Caldas), Edgar Valbuena (Universidad Pedagógica Nacional), Adela Molina (U. Distrital), Carmen Alicia Martínez (U. Distrital) y Carlos Javier Mosquera S. (U. Distrital).
3. La Dirección científica del mismo está a cargo del Doctor Carlos Javier Mosquera S (U. Distrital) con el acompañamiento del Doctor Agustín Aduriz – Bravo.

FORMAS DE EVALUACIÓN

Participación de acuerdo a las exigencias académicas del seminario lo cual incluye:

- a) Desarrollo de los compromisos del curso: Trabajo Individual, Trabajo en pequeño grupo y Trabajo General.
- b) Elaboración de mínimo 15 fichas bibliográficas en torno a materiales especializados sobre Epistemología de las Ciencias.
- c) Preparación de una ponencia en evento especializado recogiendo el trabajo del seminario.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA DE SOPORTE

Bacon, F. (1620) *Novum Organum*. Edición de 1985 en Barcelona: Ediciones Orbis, S.A.

Bachelard, G. (1938) *La formación del espíritu científico*. Madrid: Siglo XXI editores.

Bowler, P.J. y Rhys Morus, I. (2007) *Panorama General de la Ciencia Moderna*. Madrid: Crítica.

Duschl, R. (1997) *Renovar en la Enseñanza de las Ciencias*. Madrid: Narcea S.A. de Ediciones.

Driver, R. (1986) Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 3-15.

Estany, A. (1990) *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Editorial Crítica.

Gil, D. (1985) El futuro de la enseñanza de las ciencias. Algunas implicaciones de la investigación educativa. *Revista de Educación*, Septiembre – Diciembre, 27-38.

Izquierdo, M. (1996) Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 8, 7-21.

Kuhn, S.T. (1962) *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.

Lakatos, I. (1978) *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza editorial.

Laudan, L. (1978) *Progress and its problems. Towards a Theory of Scientific Growth*. California: University of California Press.

Matthews, M.R. (1994) Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 255-277.

Mosquera, C.J. (2001) *Concepciones de los Profesores de Química en Formación Inicial sobre la enseñanza, el aprendizaje y el currículo de ciencias*. Tesina de Investigación: Universidad de Valencia.

Mosquera, C.J. (2008) *El cambio en la epistemología y en la práctica docente de profesores universitarios de química*. Tesis Doctoral. Universitat de València.

Popper, K.R. (1962) *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecno. Pozo, 1999)

Taber, K.S. (2000) Multiple frameworks? Evidence of manifold conceptions in individual cognitive structure. *International Journal of Science Education*, 22(4), 399-417.