

# ELEMENTOS EPISTEMOLÓGICOS Y PSICOLÓGICOS PARA UNA INTERPRETACIÓN DIDÁCTICA DE LAS PRECONCEPCIONES EN QUÍMICA

Carlos Javier Mosquera Suárez<sup>1</sup>

E-mail: cmosque@hotmail.com

**E**n el ámbito de la Didáctica de la Química, cuerpo teórico de conocimientos que ha surgido recientemente y cuyo objeto de estudio es la enseñanza de las ciencias (Tiberghien, 1985), se han postulado prometedoras líneas de investigación en torno a la estructura cognoscitiva de los alumnos como punto de partida. Los balances y las perspectivas de la Didáctica de las Ciencias (Porlán, 1998) indican que uno de los principales problemas futuros a abordar es justamente el relacionado con el “desarrollo de una nueva teoría del conocimiento escolar y de las estrategias que favorecen su construcción, en el cual se involucran investigaciones e innovaciones en el terreno de las concepciones de los alumnos, en el análisis didáctico de la historia y la epistemología de las ciencias y sus implicaciones educativas y en la organización y evolución de dicho conocimiento incluyendo pautas metodológicas y evaluativas”. Dada la recencia de estas investigaciones, las comunidades académicas especializadas aún hoy día, no han definido una conceptualización paradigmática universal que centre y articule los esfuerzos en este campo

---

1. Profesor Asociado Proyecto Curricular de Licenciatura en Química, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.



tal y como se demuestra en una abundante revisión bibliográfica que sobre esta línea de investigación sugieren Osborne y Wittrock (1983) y Carrascosa (1985). Los preconceptos entendidos como auténticos esquemas conceptuales alternativos (Watts, 1982; Driver y Easley 1978) , también han sido interpretados como *schematàs* (Champage et al, 1983), como teorías ingenuas (Caramazza et al, 1981), como ciencia de los niños (Osborne, Bell y Gilbert, 1983) y como ideas previas (Pozo, 1991). El presente documento, el cual surge como resultado de una investigación en el campo de las preconcepciones y el aprendizaje significativo de la química, financiada por el Instituto de Estudios e Investigaciones Educativas de la Universidad Distrital, desarrolla en una primera parte una interpretación de las preconcepciones desde la epistemología de las ciencias y desde la psicología cognitiva, para posteriormente plantear una perspectiva didáctica, especialmente desde el paradigma de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias como actividad de investigación.

## 1. UNA INTERPRETACIÓN EPISTEMOLÓGICA DE LAS PRECONCEPCIONES

El desarrollo contemporáneo de la epistemología de las ciencias, ha puesto en cuestión los argumentos sobre la manera como se construyen, delimitan y validan las teorías científicas desde posturas tales como las del inductivismo, el positivismo lógico y el empirismo (Chalmers, 1989). Las posiciones de corte “estructuralista racional” como las sugeridas por Imre Lakatos (1978) en los programas de investigación científica o las de corte “estructuralista relativo” como las de Thomas Kuhn (1975) a través de paradigmas y revoluciones científicas, se han esforzado por demostrar usando la historia de la ciencia como referente, que los seres humanos elaboramos ideas y explicaciones con categorías naturales y ontológicas o con categorías lógicas y filosóficas para explicar el mundo y los diversos fenómenos que en él se presentan.

Desde esta perspectiva, las teorías hacen parte de determinados contextos que pueden ayudarnos a diferenciar y al mismo tiempo relacionar el conocimiento científico y el conocimiento cotidiano. Bachelard (1938), ha insistido en la existencia de obstáculos epistemológicos como factor que puede constituir barreras y al mismo tiempo alternativas de desarrollo desde una concepción cotidiana y de sentido común mediada por posiciones realistas ingenuas, hasta el desarrollo de posiciones reflexivas y críticas de un racionalismo y relativismo discursivos. En este sentido, superar estos obstáculos epistemológicos supone en términos bachelardianos, conocer contra un conocimiento anterior. Sin embargo, el debate epistemológico entre el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico ha tomado diversas posturas que definitivamente, inciden en los paradigmas didácticos en relación con la enseñanza de las ciencias (Soto, 1999).

Una primera concepción supone que no hay compatibilidad epistemológica entre estas formas de conocimiento ya que sus reglas de producción y su lógica de razonamiento muestran diferencias irreconciliables entre sí. En este sentido, se habrá



de suponer que el desarrollo del pensamiento científico genera "saltos discontinuos" que permitan abandonar un conocimiento primario para lograr uno más desarrollado y heurístico.

Una segunda concepción sugiere que el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico son exploraciones metodológicas de una misma forma de conocimiento, en consecuencia uno y otro son un continuo indiferenciado que solo se activa en la medida que se requieran lucubraciones cognitivas de menor o mayor desarrollo. En este caso, no hay diferencia entre las categorías naturales de pensamiento y las categorías lógicas dado que si bien en estas últimas prima la reflexión crítica, el modo de razonamiento es equivalente con el del pensamiento del sentido común.

La tercera concepción y probablemente la más aceptada en las tendencias recientes de investigación en enseñanza de las ciencias, considera el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico como contextos de pensamiento diferentes que coexisten simultáneamente en la estructura mental de las personas. Así, desde las perspectiva de cada contexto se piensa, se reflexiona y se explica particularmente el mundo; por otra parte, lo que se "observe" desde cada contexto depende del tipo de conocimiento que se active y por tanto, no es posible cuestionar una forma particular de realidad construida desde un contexto para interpretarlo desde otro.

Estas tendencias indudablemente generan efectos en la perspectiva del aprendizaje y de la enseñanza de las ciencias. Apoyados en la primera tendencia, se sugiere el aprendizaje como cambio conceptual (Posner, 1982) fundamentado en principios de asimilación y acomodación conceptual. La segunda tendencia se ha favorecido en el desarrollo de la teoría piagetiana (Piaget 1971), mientras que la tercera se ha desarrollado principalmente sobre la base de los contextos y las concepciones alternativas (Driver, 1983).

Por la relevancia didáctica de la concepción de los conocimientos científico y cotidiano como contextos y por tratarse de un postulado del trabajo de investigación en torno a las preconcepciones y al aprendizaje significativo de la química (Mosquera, 1997; Mosquera, 1998), se presentan algunas reflexiones en torno a las diferencias epistemológicas entre el pensamiento cotidiano y el pensamiento científico haciendo una interpretación desde la teoría kuhniana de la estructura de los paradigmas en la ciencia normal y de las crisis en las revoluciones científicas (Kuhn, 1975).

Partiendo de la premisa que el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico son maneras alternativas de interpretar la realidad, la conceptualización que desde ella se haga posibilita miradas particulares y en consecuencia, los significados que se elaboran poseen connotaciones específicas. Podría decirse que unas son las explicaciones que desde los paradigmas científicos podemos elaborar los seres humanos y otras las que surgen desde el paradigma de la cotidianidad. Desde la perspectiva del sentido común, se desarrollan modos de pensamiento enmarcados



en un realismo y un inductivismo ingenuo, de tal manera que las explicaciones son el resultado de generalizaciones acríticas que surgen de observaciones cualitativas sobre los objetos. En este modo de pensamiento, se pretende explicar cómo funciona el mundo con respuestas "seguras y rápidas". La generalización inductiva de hechos hace suponer que tanto el conocimiento como la realidad son eventos externos al sujeto y en consecuencia, la función del individuo es buscar los secretos de la naturaleza y de la sociedad; los resultados obtenidos se traducen en certeza, en ausencia de dudas, en la no necesidad de efectuar contrastación de preguntas a partir de la consideración de posibles soluciones alternativas.

Esta perspectiva del conocimiento, que en su forma de expresión más desarrollada daría lugar al establecimiento de posiciones positivistas lógicas y empiristas (Chalmers, 1989), asigna explicaciones a los objetos en razón a propiedades inherentes a los mismos, así las sustancias ácidas lo son porque poseen la propiedad de la acidez, los cuerpos caen porque tienen peso, etc....

El conocimiento cotidiano está ligado al desarrollo de categorías naturales y ontológicas del ser humano, es decir la manera como las personas construimos nuestro mundo perceptual y material depende de nuestra forma de interacción social y cultural. En síntesis, desde la perspectiva del pensamiento de sentido común, la realidad está fuera del sujeto y por tanto, al buscarla se conoce. En un documento ampliamente fundamentado por Derek Hodson (1985), se da cuenta de la naturaleza epistémica, diferente por cierto del pensamiento científico. Diversas son las posiciones filosóficas que explican la estructura del pensamiento científico tales como el convencionalismo de Duhem (1962) con la búsqueda de la simplicidad a partir de decisiones racionales para aceptar por verdadera o rechazar por falsa una teoría científica; el falsacionismo científico (Popper, 1962) en la perspectiva de considerar como científicas aquellas teorías que puedan ser falseadas por hipótesis audaces que resistan la contradicción planteada; el estructuralismo racional (Lakatos, 1978) donde bajo enunciados de condiciones universales se acepta si una teoría es científica en la medida que alcanza la verdad bajo el criterio de la metodología de los programas de investigación; el modelo del estructuralismo relativo de Kuhn (1975) donde desde la perspectiva de un conjunto de criterios, las comunidades científicas deciden sobre la científicidad o no de una teoría.

Existen muchas otras posturas epistemológicas que nos ayudan a visualizar la naturaleza del conocimiento científico y en consecuencia, a diferenciarlo del conocimiento cotidiano. Independientemente de estas posturas, se acepta hoy en día que el conocimiento científico no obedece a categorías naturales sino lógicas, es decir deja de ser una actividad natural y asume la realidad como un constructo que adquiere significado desde teorías premeditadamente diseñadas y que demuestran su condición científica en la medida que explican coherente y satisfactoriamente hechos fácticos, incluso "no observados", pero sí predichos con anterioridad. El conocimiento científico se desarrolla bajo formas de pensamiento creativas y rigurosas, supera las genera-



lizaciones inductivas y el causalismo como fuentes de explicación al establecer desde determinados principios teóricos hipótesis que son contrastadas en condiciones controladas por los axiomas de la teoría. La investigación científica no resulta ser una actividad natural sino por el contrario, ruptura con las formas connaturales del pensamiento (Gil, 1986).

La ruptura epistemológica de las ciencias físicas del siglo XVI con los trabajos de Copérnico, Galileo y Newton y de las ciencias químicas en el siglo XVIII con la teoría de Lavoisier, parten fundamentalmente de un cambio drástico en la manera de razonar y de interpretar resultados, el experimento constituye un espacio de contrastación de teorías bajo preceptos controlados y de una actitud de búsqueda, se pasa a una de descubrimiento y de invento (Kuhn, 1975). Las explicaciones dejarían de ser míticas pasando a atribuir propiedades sustanciales a los cuerpos hasta llegar a interpretarlas como explicaciones coherentes de teorías; así por ejemplo en química interpretamos ahora la acidez de las sustancias como resultados de construcciones conceptuales debidas a paradigmas teóricos. "Observamos" la acidez desde puntos de vista diferentes según si se trata de la teoría de Arrhenius, Bronsted-Lowry o Lewis. En física los cuerpos caen como resultado de la interacción entre el cuerpo y la tierra. De hecho en el pensamiento científico no opera lo obvio, lo evidente, éste no es de naturaleza natural y ontológica como el cotidiano, sino de naturaleza epistemológica, relacionada con la capacidad de construcción de la realidad fundamentada en teorías como redes de conceptos axiomatizados (Mosterin, 1984) que se generan en categorías de corte lógico y filosófico.

Pero si el conocimiento cotidiano y el científico son productos de diversas formas de pensamiento cómo interpretarlos desde una óptica de diferenciación conceptual? Entendiéndolos no como saberes discontinuos o como saberes continuos, será sobre la base de la formación contextualizada en campos del conocimiento de una persona que se activará una u otra forma de pensamiento. Aquí es muy importante entender entonces que los seres humanos no partimos de cero para generar explicaciones y en consecuencia, independientemente de si nos fundamentamos en ideas espontáneas o en ideas científicas, activamos un patrón de pensamiento en búsqueda de explicaciones satisfactorias.

Entender estos tipos de pensamiento como contextos alternativos para concebir la realidad, nos permite suponer que de alguna manera hacemos conciencia para imaginar una solución dentro de un ámbito de racionalidades múltiples. Desde el pensamiento cotidiano hasta el científico hay racionalidad, en cada uno se establecen categorías y reglas de producción y de validación, modelos de razonamiento y sistemas de explicación. En esta perspectiva, cómo considerar cuál es el "verdadero" y cuál es el "falso"?

Esta idea sugestiva nos permite interpretar epistemológicamente la realidad con una noción muy diferente a la que tradicionalmente hemos aprendido y elaborado; al



dejar de ser esta única e inmodificable, nuestra aproximación racional a ella no se entiende como algo que está ahí y que es así porque sí. Concebida como contrastación entre nuestras teorías y el mundo natural y artificial es en consecuencia, una aproximación teórica desde la cual “observamos subjetivamente” el mundo. Una teoría será más o menos sólida en la medida que las interpretaciones que con ella hagamos nos expliquen satisfactoriamente diversos hechos, nos ayuden a predecir algunos nuevos y a reinterpretar ciertas anomalías. Así desde cada contexto de pensamiento y con su respectiva lógica de razonamiento, definimos objetos y nociones que no pueden afirmarse categóricamente como ciertos o falsos sino más bien, como relaciones coherentes entre las teorías y las interpretaciones que acerca de la realidad hacemos desde ellas.

Al considerar la tesis que nuestro sistema cognitivo puede desarrollar diversos contextos de pensamiento, la interpretación que hagamos desde un punto de vista particular de razonamiento no podría ser validada o cuestionada desde otro en razón a que dicha interpretación obedece a reglas de producción bien definidas y coherentes con la teoría que les da lugar. Esta noción genera un impacto profundo en nuestra concepción de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, pues apropiarnos de una teoría científica y explicar el mundo desde ella no invalida el pensamiento y las ideas del sentido común; desde el punto de vista de la didáctica de las ciencias, las investigaciones entonces en este campo deberían entonces centrarse en la manera como tanto quien enseña como quien aprende, pueden ser conscientes de diferenciar los “modelos de pensamiento” desde el punto de vista lógico, metodológico e interpretativo. Reconocer cómo se piensa y actúa en una cultura del sentido común y en la cultura de las ciencias nos permite entender que las ideas cotidianas no son “errores” sino maneras alternativas de considerar la realidad. La noción de obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1938) y su aplicación en el aprendizaje de las ciencias en términos de obstáculos pedagógicos (Soto, 1994), no se entiende como el acto de superación o abandono de una tesis cotidiana por una científica, sino justamente como un camino lógico para establecer relaciones y diferencias significativas entre uno y otro a partir del reconocimiento de aquellos problemas cruciales de la ciencia que originarían la adecuación de teorías o la construcción de unas nuevas, y que de alguna manera podrían originar dificultades de comprensión por parte de los estudiantes de ciencias que abordan aquellos problemas que en su momento se presentaron en la ciencia.

La idea de Ausubel (1978) de los organizadores previos, entendidos como aquellos conceptos que establecen puentes entre las ideas cotidianas y las ideas científicas, son argumentos para direccionar investigaciones acerca de cómo favorecer la construcción de ideas científicas en los alumnos a partir del reconocimiento de sus ideas de sentido común. Los contextos de pensamiento nos aproximan a la idea de ciencia como elemento de un sistema cultural (Elkana, 1983) donde justamente este modelo de pensamiento es una forma más de los múltiples modelos de razonamiento que coexisten simultáneamente y que han sido construidos individual y socialmente en la



cultura. Surge entonces el metaconocimiento como problema filosófico y epistemológico para conocer el conocimiento, sistema abierto que conlleva a interpretar la educación como alternativa social para apropiar los diversos elementos que constituyen la cultura. Ello implica que nuestra estructura cognitiva y cognoscitiva se consolida desde múltiples realidades: la educación cotidiana individual y social, la educación científica, la educación artística, la educación religiosa, etc.

En la medida que coexisten modelos de pensamiento, podemos interpretar la idea de los metaconceptos, es decir aquellos conceptos que al interior de la ciencia aunque fonéticamente iguales, poseen significados diferentes y por tanto, las interpretaciones que desde ellos se hacen también son diferentes. A la pregunta qué es un átomo, nuestra respuesta dependerá de la teoría científica que sustenta una explicación del mismo, nos podemos referir a los átomos de los filósofos jónicos como Anaxágoras, Demócrito o Leucipo o a su versión teórica más desarrollada como la de Epicuro, en el siglo XVII a los átomos de Gassendi o de Boyle o a los más recientes como los de Thomson, Rutherford, Bohr o el cuántico. Así el proceso de contextualización y diferenciación de perfiles conceptuales supera las fronteras de cada uno de los modelos del pensamiento para evidenciarse también al interior de las teorías científicas; estudiando el desarrollo histórico de las ciencias, el replanteamiento o construcción de teorías ha permitido elaborar nuevos significados coherentes con los principios teóricos que les dan forma.

Igual sucede en el contexto del pensamiento de sentido común, las nociones aunque algunas universales, dependen del entorno cultural lo que hace que adquieran significados y explicaciones diferentes. Este relativismo conceptual ha sido muy bien explicado por Thomas Kuhn en varias de sus obras, reflejándose con mayor propiedad en la Estructura de las Revoluciones Científicas (Kuhn, 1971). Por una parte reconoce el carácter revolucionario del progreso científico y por otra, el carácter sociológico de las comunidades científicas. El desarrollo del pensamiento científico en términos generales tiene el siguiente proceso (Chalmers, 1989): preciencia – ciencia normal – crisis – revolución – nueva ciencia normal – nueva crisis - ... Este desarrollo que implica rupturas de pensamiento con el sentido común (paradigma de la preciencia), así como rupturas respecto a teorías científicas previas (ciencia normal), es una fuente de explicación del progreso del conocimiento científico. Sin embargo esta expresión de progreso nos indica que al ser la ciencia una actividad desarrollada por comunidades académicas especializadas, las teorías como actividad de ciencia normal procuran explicaciones progresivamente más satisfactorias desde el contexto mismo del conocimiento científico.

Ello implica que una ruptura con el pensamiento connatural del sentido común ha sido un proceso importante que daría lugar al pensamiento científico, lo generó y le dio forma, pero como expresión del razonamiento ontológico perdura en la medida de nuestra naturaleza misma. Un científico es científico porque usa potencialmente un conjunto de teorías construidas y avaladas por las comunidades científicas para



explicar el mundo natural, social y artificial, pero como ser humano ello no implica que abandona completamente algunas de sus nociones de sentido común u otros modelos de pensamiento. Así en términos de Kuhn, nuestra vida se desarrolla con base en paradigmas, en supuestos teóricos generales, en técnicas y procedimientos de aplicación que adoptamos por criterios de una comunidad. En la medida que poseemos conocimientos de partida, éstos se constituyen en referencia para consolidar nuevos conocimientos, estas preconcepciones operan entonces como auténticas concepciones alternativas pues se encuentran inmersas en diferentes expresiones del conocimiento. Nuestro desarrollo y el de la sociedad es una competencia permanente entre paradigmas, cada uno generando sus propias cosmovisiones de pensamiento.

Las ideas de partida, las ideas previas, operan así como auténticas concepciones que posibilitan el desarrollo del conocimiento cotidiano, del científico, etc. Al interior de cada modelo de pensamiento operan ideas que dan lugar a unas nuevas y que pueden propiciar explicaciones satisfactorias dentro del modelo mismo pero quizás contradictorias con otros modelos, lo cual como se ha dicho anteriormente, no nos permite decidir qué explicación es más válida que otra. Las explicaciones se dan al interior de paradigmas en procesos de ciencia normal, al haber dificultades pueden generar estados de crisis dando paso a nuevas explicaciones, a nuevos paradigmas.. Esto puede evidenciarse en el desarrollo de un nuevo modelo de pensamiento a partir de uno ya existente, caso como el que se presentó cuando el pensamiento de sentido común dio paso al pensamiento científico, situación que dentro del ámbito de la Didáctica de las Ciencias es la que se intenta reproducir para generar ideas científicas en niños y jóvenes.

Pero las rupturas de explicaciones también pueden ocurrir dentro de un modelo de pensamiento las cuales pueden evidenciarse al haberse superado paradigmas científicos por unos nuevos con mayor poder heurístico. Así las cosas, la ruptura de ideas de sentido común para dar paso a ideas científicas o la ruptura de ideas científicas para dar paso a nuevas ideas científicas, no es un proceso que parte en blanco; siempre se activa gracias a un sistema de concepciones previas o preconcepciones.

En la medida que estas concepciones previas se desarrollan y dan paso a nuevas concepciones, conforman estructuras de pensamiento regidas por principios axiológicos determinados por las propias reglas de producción de cada una. Es entonces como puede explicarse que si bien las concepciones científicas surgirían por rupturas de pensamiento con las concepciones cotidianas, su desarrollo no implicó la desaparición de estas. Una vez establecidas las teorías científicas, se consolidan paradigmas (Kuhn, 1975), auténticas matrices disciplinares que son capaces de apoyar la tradición de la ciencia normal, de tal manera que hay actividad fructífera de resolución de problemas gobernada por las reglas del paradigma. En la ciencia normal se abordan problemas teóricos y experimentales y los problemas no solucionados se consideran como anomalías y no como falsaciones (Popper, 1962). Una anomalía será conside-



rada grave cuando afecta los principios del paradigma y es entonces cuando llega el momento de una revolución científica.

Durante el auge y desarrollo de un período de ciencia normal, se evidencian un conjunto de realizaciones de una comunidad científica que durante un cierto tiempo fundamenta la práctica científica cotidiana. Las comunidades académicas que practican esta ciencia normal, constituidas por expertos y noveles, comparten un paradigma y en consecuencia las normas y reglas que lo rigen.

Las transformaciones de los paradigmas científicos constituyen como ya se ha indicado, revoluciones científicas y la transición de un paradigma a otro es el patrón de desarrollo de la ciencia. Antes del siglo XVI, en el período de preciencia no se habían consolidado paradigmas científicos, había abundancia de escuelas y subescuelas competidoras, pero su actividad no lograba conformar comunidades científicas que asumieran y desarrollaran su actividad dentro de un paradigma universalmente aceptado. Aquí es muy importante destacar el papel fundamental de la Educación como hecho social. Ante la posibilidad de una proliferación de ideas y concepciones, es mediante la educación como se da paso a la conformación de comunidades, de conjuntos sociales que adoptan programas de trabajo (Lakatos, 1978). Incluso en el sentido común, muchos de los paradigmas que en él se desarrollan son producto de impregnación social. En todo caso, el papel de la educación formal, no formal o informal tal como lo expresa la Ley general de Educación (Ley 115 de 1994), es el camino para la consolidación de comunidades especializadas en ciencias, artes, técnicas y para apropiarnos de las normas básicas de convivencia y acción cotidianas.

En la escuela entonces confluyen una gran variedad de posiciones paradigmáticas que son punto de partida para la construcción de saberes de niños y jóvenes. Los saberes científicos, humanísticos, artísticos, técnicos, se relacionan con los saberes escolares (saberes pedagógicos), los saberes cotidianos y todos ellos, articulados en un saber metadisciplinar como el saber didáctico (Mosquera, 1998) intervienen en los procesos de formación ciudadana y de saberes en los estudiantes. En el caso particular de la didáctica de las ciencias, su objeto de estudio, desde esta concepción de saberes como contextos, pasa de ser una enseñanza de contenidos para saber mejor ciencia a ser un modelo para explicar cómo contribuir desde la enseñanza de las ciencias a la formación de ciudadanos. Estos saberes conforman además de los cotidianos, modelos contextuales de pensamiento como los aprendidos en la educación científica escolar (Mora, 1998) que a través de cambios en la forma de pensar, sentir y actuar aproximan a las jóvenes generaciones al ámbito de la cultura científica, subsistema que hace parte de la cultura general de la Humanidad. En la medida que surja mayor interés por el estudio de las ciencias, será la Educación superior el espacio propicio para ingresar a las comunidades académicas especializadas que trabajan en el desarrollo de ciertos paradigmas.



La escuela es el espacio sociocultural donde concluyen saberes y por ende, modelos contextualizados de pensamiento, que canalizados adecuadamente permiten a quienes allí se forman, construir modelos alternativos a sus nociones cotidianas.

Volviendo al desarrollo de la ciencia y al contexto del pensamiento científico, en períodos de ciencia normal no se provocan nuevos tipos de fenómenos, podría decirse que los fenómenos que no “encajan” en el paradigma no se ven. Según Kuhn, los problemas experimentales que se abordan en la ciencia normal son: a) los hechos que el paradigma muestra como reveladores de la naturaleza de las cosas, es decir aquellos fenómenos observacionales que son explicados por el paradigma, b) hechos contruidos que pueden compararse directamente con predicciones de la teoría del paradigma, es decir el desarrollo de hechos novedosos y no evidentes cotidianamente que son resultado de las formulaciones del paradigma y, c) el trabajo empírico emprendido para resolver ambigüedades residuales y para articular la teoría del paradigma; así es posible determinar constantes universales (constante de Planck, Velocidad de la luz, número de avogadro, etc), leyes cuantitativas (ley de la conservación de la masa, Ley de Guldberg y Waage, etc) y exploración cualitativa de regularidades de la naturaleza. A su vez, los problemas teóricos que se abordan en la ciencia normal son aquellos que predicen información fáctica (aplicaciones técnicas y tecnológicas de la teoría), búsqueda de nuevas aplicaciones del paradigma y aumento de precisión en aplicaciones ya hechas.

En el contexto de las ciencias, el desarrollo gradual de un paradigma, conforma progresivamente el conjunto de preconcepciones científicas que podrían dar lugar a periodos de revolución científica entendidos como aquellos episodios de desarrollo no acumulativo en que un antiguo paradigma es reemplazado, completamente o en parte, por otro nuevo e incompatible (Kuhn, 1971). La transformación de un contexto de pensamiento o el origen de uno nuevo se explica en estos términos mediante procesos revolucionarios de pensamiento. Inician con un sentimiento creciente, restringido a pequeñas subdivisiones de la comunidad (general o especializada), de que un paradigma existente ha dejado de funcionar adecuadamente.

Una revolución parcial se aprecia cuando se reajustan paradigmas para articularlos con novedades fácticas, en ese instante nos encontramos ante lo que Kuhn denomina un descubrimiento. El descubrimiento comienza con la exploración de una anomalía en el paradigma, con la percepción de que algo está fuera de lo normal iniciando entonces un período de ajuste del paradigma; esta transformación permite reinterpretar la anomalía de tal manera que lo que antes no funcionaba se ha convertido en un hecho previsto.

Una revolución total se evidencia cuando cambia por completo un paradigma dando como resultado novedades teóricas o inventos. La novedad teórica adquirirá el estatus de nuevo paradigma y varios integrantes conformarán la comunidad especializada que se encargará de desarrollarlo.



El contexto científico se diferencia entonces del contexto cotidiano en la medida que en este último la operatividad metodológica de la forma de producción es diferente del científico, así, mientras el pensamiento cotidiano se caracteriza por una actitud de búsqueda, de intervención directa sobre los objetos en búsqueda de respuestas satisfactorias definitivas o obvias (Carrascosa y Gil, 1985), en el pensamiento científico hay un trabajo reflexivo de descubrimiento y de invento donde las explicaciones son de carácter temporal y crítico. Este hecho es muy importante al considerar una epistemología de la enseñanza de las ciencias, pues su aprendizaje no puede limitarse al conocimiento de un nuevo contexto de pensamiento sino que fundamentalmente obedece a un cambio de orden metodológico (Gil, 1986) mediado entre la metodología del sentido común y la metodología científica.

Las preconcepciones dependen directamente del contexto cognoscitivo o conceptual y del cognitivo o lógico que las originan, así es posible referirnos a preconcepciones del sentido común, a preconcepciones científicas, etc. En cada caso, dichas preconcepciones se consolidan con el desarrollo del pensamiento cotidiano o con el desarrollo de los paradigmas de las ciencias normales y constituyen siempre la referencia desde la cual es factible la generación de nuevas ideas. En este sentido, tanto en las ideas cotidianas como en las científicas pueden haber desarrollos debidos a rupturas con los esquemas conceptuales y lógicos de partida; también es posible entender que un individuo en actitud cognoscente puede elaborar nuevos contextos de pensamiento mediante rupturas profundas conceptuales, lógicas y metodológicas.

Ello da lugar a que en nuestra estructura mental coexistan simultáneamente diversos esquemas de pensamiento, cada uno desarrollándose progresivamente y a su vez dando lugar a unos nuevos a través de la educación general y específica. En últimas, será evidente que a partir del contexto del pensamiento cotidiano, influido por lo social y lo individual, aprendamos nuevos contextos como el científico y que producto de la experiencia y del interés, ese contexto científico se desarrolle ilimitadamente. En todo caso dicho desarrollo no nos aleja ni nos hace "olvidar" el pensamiento cotidiano; para un hombre de ciencia, aunque la mayor parte de su vida transcurre en el ambiente propio de la comunidad especializada a la cual pertenezca, es muy probable que aborde problemas que se escapan a los recursos de sus teorías activando así otras maneras de pensar, use otra lógica y genere explicaciones coherentes desde ámbitos distintos a la ciencia. La historia de la ciencia, constituye un excelente recurso para evaluar aquellos obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1938) que luego de un psicoanálisis del pensamiento científico, parecen indicar como las primeras exploraciones cualitativas de los científicos están influenciadas fuertemente por creencias mas aproximadas a categorías naturales que a científicas.

De hecho resulta ser muy útil entonces interpretar desde una perspectiva epistemológica la manera como se construye el conocimiento y a su vez, la manera como se va diferenciando en contextos. Estos aportes abren nuevos caminos para la investiga-



ción didáctica que como se mostrará mas adelante, a través de sus paradigmas contemporáneos evidencia la importancia de considerar las ideas previas de los estudiantes como punto de partida en los procesos de aprendizaje de las ciencias, los cuales resultan ser equivalentes a la investigación científica ya que se considera un tipo de aprendizaje como de investigación dirigida.

## 2. UNA INTERPRETACIÓN PSICOLÓGICA DE LAS PRECONCEPCIONES DEL SENTIDO COMÚN

La psicología cognitiva ha desarrollado abundante investigación en el campo de las ideas previas desde la perspectiva del pensamiento de sentido común. En particular, Pozo et al (1991) han avanzado en aportes importantes en torno a la génesis de estas ideas que han facilitado un aporte valioso para la comprensión del contexto del pensamiento de sentido común.

De acuerdo con este trabajo, pueden diferenciarse tres posibles orígenes de las ideas cotidianas de los alumnos: a) Las de origen sensorial o concepciones espontáneas, b) las de origen social o concepciones inducidas y c) las de origen analógico o concepciones análogas.

En las ideas de origen sensorial pueden ubicarse todas aquellas ideas producto de la cotidianidad de un individuo, son el resultado de la actividad diaria a través de la cual se consolidan progresivamente nociones y formas particulares de pensar bajo categorías naturales y ontológicas. Estas ideas son producto de un pensamiento causal (Wartofsky, 1980), de la explicación inmediateista para resolver problemas y su origen es eminentemente sensorial y perceptivo. Obedecen a una metodología inductivista, caracterizada por elaboraciones de poco nivel de raciocinio (Bell et al, 1985), producto de la denominada psicología popular (Clarck y Stich, 1983) o de la metodología de la superficialidad (Gil y Carrascosa, 1985). Estas ideas se originan desde una concepción realista ingenua, la realidad se concibe como algo externo al sujeto y para conocerla se requiere buscarla mediante generalizaciones espontáneas; los sentidos son el puente de contacto con la realidad. Las ideas espontáneas o de origen sensorial se caracterizan por respuestas rápidas y suficientes para explicar lo "normal" y lo "natural" (Pozo et al, 1991).

En la investigación adelanta por Pozo et al, se han considerado una serie de reglas que brindan información sobre los modos de funcionamiento mas probables de las ideas de origen sensorial. Una de ellas es la accesibilidad, equivalente a la explicación mediante heurísticos sugeridos por Tversky y Kahneman (1974), ya que buscamos efectos a causas que se recuerdan con más facilidad en nuestra memoria. Pozo sostiene que el criterio de accesibilidad se puede manifestar mediante hechos de recencia, frecuencia y saliencia.



El “efecto de recencia” se percibe en la recuperación de información de la memoria gracias a cierta “contemporaneidad” de las ideas de los alumnos, es decir, al activar ideas recientemente vivenciadas por ellos y que pueden constituir argumentos que consideran válidos para explicar un nuevo hecho. El “efecto de frecuencia” se presenta cuando tendemos a explicar fenómenos con hechos a los cuales recurrimos en un mayor número de ocasiones. El “efecto de saliencia” se explica cuando generamos explicaciones a partir de otra información que para nosotros resulta ser destacada o sobresaliente.

En general, las ideas previas de origen sensorial se sustentan en el principio de “lo que no se percibe, no se conoce”; la elaboración de conocimientos supone progresos de ideas sobre apariencias. Una segunda regla para explicar el funcionamiento de estas ideas, es la del heurístico de la representatividad o semejanza de ideas. Este caso se evidencia cuando las personas intentamos creer que existen semejanzas entre los hechos y los modelos que los explican. Tendemos a atribuir a la realidad desconocida la propiedad de modelos conocidos ignorando que muchas explicaciones se generan por relaciones mucho más complejas entre causas y efectos que las que aparentemente consideramos intuitivamente. Pensamos que lo “desconocido se conoce con lo conocido” ya que tendemos a pensar que todos los hechos y fenómenos funcionan de la misma manera. Por otro lado, la regla de semejanza permite explicar fenómenos de causalidad lineal y simple asumiendo relaciones aditivas e interactivas entre las causas y los efectos; a mayor impacto de un efecto, mayores han de ser las condiciones de las causas.

Un tercer modo de pensamiento de las ideas previas de origen sensorial es el de contigüidad espacial, explicamos efectos activando ideas cuyas causas son muy próximas espacialmente hablando. Del mismo modo, un cuarto modo de pensamiento tiene que ver con el de la contigüidad temporal entre causa y efecto, aquí hay tendencia a encontrar causas explicativas para ciertos hechos a partir de fenómenos sucedidos inmediatamente antes de los efectos. Por último, encontramos la regla de covariación como fuente de explicación de las concepciones espontáneas o de origen sensorial, mediante ella las personas tendemos a atribuir causalidad a hechos que suceden sistemáticamente juntos.

Una segunda fuente de origen de las ideas cotidianas son las ideas de origen social o concepciones inducidas. Estas son el resultado de concepciones aprendidas del entorno social en el que se desarrollan las personas. Aquí se consideran entonces explicaciones mediadas por patrones culturales que producen representaciones sociales acerca de ideas, creencias, conocimientos, sentimientos, etc. Es posible explorar las explicaciones que una persona pueda dar dependiendo de la imagen social de una colectividad.

La influencia de las representaciones sociales en las personas no es exclusiva de la familia y de la escuela. La educación informal desempeña en este caso un papel



preponderante; los medios de comunicación, las actitudes y los comportamientos cotidianos, las formas de relacionarnos, las creencias sociales, todo ello influye decididamente en la consolidación de este tipo de ideas. La relación se basa fundamentalmente en el lenguaje empleado que además puede generar explicaciones diferentes de un medio social a otro. Según Llorens (1991), los diversos significados son el producto de distintas "microculturas", constituidas por conjuntos de experiencias o prácticas cotidianas junto con las ideas transmitidas por la familia y por los medios de comunicación social.

Por último, otra explicación para la génesis de las ideas previas de sentido común, radica en las explicaciones dadas por las concepciones análogas. Estas se explican por las similitudes posibles entre diversos modelos explicativos. Ello implica que estas ideas se encuentran directamente relacionadas con las ideas previas de origen sensorial y con las de origen social. Desde la perspectiva de la psicología cognitiva, no es posible suponer que nuestra mente en un comienzo o antes de someterse a un determinado aprendizaje, sea una tábula rasa. Siempre que hacemos conciencia sobre un fenómeno activamos ideas o esquemas por analogía o similitud los cuales nos resultan útiles para entender una nueva situación.

Esto nos demuestra no solo lo interesante que resulta ser la indagación acerca de la estructura de las concepciones del sentido común, sino que estos resultados nos permiten establecer diferencias de corte epistemológico entre estas ideas y las ideas científicas. Estos antecedentes nos permiten en consecuencia, interpretar en el plano de la didáctica la manera como se conjugan y relacionan las ideas espontáneas (de los estudiantes, la sociedad y los profesores) con las ideas que poseemos sobre la escuela, la educación y las ciencias en nuestro caso. Este consenso conceptual ha abierto el camino para el establecimiento y consolidación de nuevas estructuras paradigmáticas en la enseñanza de las ciencias.

### **3. LAS PRECONCEPCIONES EN QUÍMICA: UNA INTERPRETACIÓN DESDE LA DIDÁCTICA DE LA QUÍMICA**

Lo expuesto hasta aquí permite fundamentar la afirmación que las preconcepciones entendidas como concepciones alternativas en contextos, no son equivalentes a los errores conceptuales. Partimos del principio que los seres humanos elaboramos permanentemente ideas de diverso orden desde diferentes contextos de pensamiento (usando nociones cotidianas, lógica y conceptos científicos, puntos de vista artísticos, principios religiosos, etc)

En cualquier caso, nunca nos enfrentamos a un fenómeno conceptual u observacional con nuestra mente en blanco, independientemente de un modelo de pensamiento establecemos nuevas ideas a partir de concepciones de partida, ideas previas o preconcepciones. Según la naturaleza de producción, la lógica de razonamiento y



las posibilidades metodológicas, las preconcepciones pueden ser de sentido común, científicas, etc. El pensamiento mediado por la cotidianidad se desarrolla por vías sensoriales, sociales o analógicas según la descripción de Pozo citada en el apartado anterior. A partir de las preconcepciones del sentido común pueden presentarse rupturas importantes de pensamiento que dan lugar al pensamiento científico; dentro de la mirada de la ciencia, pueden desarrollarse rupturas parciales o totales que favorecen el desarrollo lógico y conceptual del conocimiento científico.

Las diferentes estructuras de pensamiento conforman en nuestra mente contextos particulares que coexisten y se consolidan a medida que avanzamos en un proceso educativo. En este sentido, el aprendizaje de las ciencias implica necesariamente cambios contextuales de pensamiento. Los paradigmas tradicionales de la enseñanza de las ciencias, basados en principios del descubrimiento incidental, inductivo y autónomo o en la transmisión de conocimientos ya elaborados (Gil, 1983), no han sido capaces de explicar la persistencia de errores conceptuales. Desde el paradigma de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias como investigación dirigida (Gil, 1985), los denominados errores conceptuales se tratan como conflictos conceptuales y lógicos que resultan al intentar aprender teorías científicas empleando punto de vista y modos de razonamiento del sentido común.

Esta "mezcla" de perspectivas del conocimiento originan en los estudiantes "ciencias conceptualmente opacas" (Novak, 1988) que por lo general obliga a los estudiantes a aprender memorísticamente, a pensar a corto plazo y a mecanizar acríticamente ejercicios de aplicación con el fin de satisfacer los requerimientos mínimos de un curso. Una de las líneas prioritarias derivada de las teorías didácticas de la enseñanza/aprendizaje por investigación, es la de considerar las ideas previas de los alumnos como punto de partida. En general se trata de lograr que de la misma forma como las comunidades científicas construyen conocimientos mediante la investigación que conduce a cambios parciales o globales de paradigmas, en la escuela y en particular en la educación científica escolar se favorezca la reconstrucción de conocimientos que aunque ya elaborados por la ciencia, faciliten el aprendizaje significativo que conduzca a cambios conceptuales.

El isomorfismo entre cambios de paradigmas en la ciencia de los científicos con los cambios conceptuales en la ciencia de los estudiantes, son caminos de exploración fértil en la investigación didáctica de las ciencias en general y de la química en particular. Los cambios conceptuales son al igual que en el contexto científico, parciales o totales dependiendo de si son el resultado del perfeccionamiento de teorías científicas previamente aprendidas o de transformaciones drásticas a partir de esquemas conceptuales del sentido común.

En este punto, vale la pena detenerse en algunos aspectos cruciales dentro del ámbito de la didáctica de las ciencias: el sentido holístico y complejo de los contextos de pensamiento y el papel de las estructuras lógicas y conceptuales de las teorías



científicas. En el primer caso, referirnos a la mente como sistema multicontextual de pensamientos debe interpretarse no como porciones de pensamiento cerrados y separados entre sí; por el contrario, este sistema funciona a la manera de contextos abiertos y de relaciones concretas similar a como se describe en la teoría general de sistemas (Bertalanffy et al, 1984). La modificación cognitiva (lógica) y cognoscitiva (conceptual) de un cierto contexto de pensamiento, afecta en su conjunto a los otros contextos de pensamiento, en algunos casos pueden generarse nuevos conflictos que requieren ser reconciliados en auténticos procesos de equilibración (Piaget, 1971).

Nuestro cerebro funciona entonces como un sistema abierto y complejo conformado por multiplicidad de esquemas de pensamiento que a través de la educación formal o informal se van reconstruyendo y transformando. El aprendizaje de las ciencias, entonces no solo afecta el contexto del pensamiento científico; de alguna manera produce covariaciones en otros esquemas de pensamiento. Por otra parte, se reconoce la particularidad de cada esquema de tal forma que sus distinciones en cuanto a la lógica de razonamiento, estructuras teóricas, significados, técnicas, procedimientos, nos permiten reconocer sus diferencias. En general, si bien cada contexto de pensamiento se rige por sus propios paradigmas, los paradigmas de diversos contextos se interrelacionan entre sí de tal manera que al afectarse uno de ellos, afecta el sistema general. Este modelo de interdependencia de sistemas dentro de un gran sistema general, es coincidente con lo que varios autores desde la ciencia y desde la filosofía de la ciencia han caracterizado como lógica postformal propia de la emergencia de la cosmovisión cuántica (soto, 1989).

La didáctica de las ciencias nos ilustra heurísticamente acerca de cómo pueden enseñarse y aprenderse los conocimientos científicos en la escuela o en la universidad, en últimas nos proporciona elementos acerca de la manera como se pueden constituir comunidades noveles (alumnos hasta de educación básica o de científicos en formación inicial) o especializadas (científicos expertos en formación permanente y continuada), de tal manera que sus esfuerzos por favorecer la construcción de contextos del pensamiento científico es su prioridad; ello nos permite entender por qué nuestra preocupación por tomar el contexto del sentido común como referencia y como punto de partida. Todo esto conduce a evaluar la manera como definitivamente podemos evidenciar aprendizajes significativos en la ciencias los cuales indudablemente pasan por analizar los efectos que el aprendizaje de las ciencias generan en otros contextos del pensamiento humano.

El segundo aspecto, relativo al papel de las estructuras lógicas y conceptuales nos proporciona desde el punto de vista de la didáctica, elementos importantes para la comprensión del cambio conceptual mediado por un cambio metodológico (Gil, 1985). Anteriormente se ha insistido en la caracterización del descubrimiento y del invento en la metodología de las ciencias, en contraposición con el sentido de búsqueda en la metodología de la cotidianidad. Si partimos del principio que toda teoría científica posee una estructura lógica o cognitiva y una conceptual o



cognoscitiva, podemos evidenciar un descubrimiento científico cuando se efectúan replanteamientos a un paradigma sin alterar su estructura lógica.

Estas crisis parciales se evidenciaron en la química cuando por ejemplo, Priestley y Scheele desarrollaron por separado, modificaciones a la teoría del flogisto para explicar el aire desflogistado, gas que más adelante Lavoisier denominaría oxígeno (Leicester, 1967). Por otra parte podemos evidenciar crisis totales al momento de postular novedades teóricas o inventos los cuales implican el diseño de nuevas estructuras lógicas y en consecuencia, de nuevas estructuras conceptuales.

Independientemente que se mantenga cierto vocabulario científico; su significado desde la lógica y la estructura conceptual de una teoría científica es diferente. Este caso lo podemos interpretar cuando Lavoisier a finales del siglo XVIII postulara su teoría de la combustión o cuando a inicios del siglo XX surgiera la mecánica cuántica (Leicester, 1967). Los intentos de la didáctica de las ciencias por favorecer el desarrollo significativo de cambios conceptuales y metodológicos en los alumnos, han de tener en cuenta el tipo de rupturas epistemológicas entre el conocimiento cotidiano y el científico, valorar la transición contextual entre las estructuras lógicas y conceptuales del pensamiento cotidiano y científico, así como interpretar los niveles de transición lógica y conceptual al interior del pensamiento científico. Por otra parte, ha de explicar los efectos del aprendizaje de las ciencias en la manera de pensar, sentir y actuar en las personas (Mosquera, 1992) de tal manera que se evalúe el impacto y las condiciones de un aprendizaje significativo entendido como cambio conceptual, metodológico y actitudinal (Gil, 1983) además que como cambio axiológico (Gil, 1985).

Estudios didácticos sobre los esquemas conceptuales de sentido común de los estudiantes realizados por Driver (1986), indican que dichos esquemas, en términos generales se caracterizan por: a) estar dotados de cierta coherencia interna hecho que corrobora que no se trata de ideas irracionales sino que provienen de formas de pensamiento alternativas a las ideas científicas, b) se explican mediante un lenguaje impreciso y no explícito para los mismos estudiantes, c) ideas similares son identificadas en estudiantes de diferentes entornos sociales y de diferentes edades lo que justifica encontrar ideas coincidentes con algunas postuladas a lo largo de la historia de las ciencias, d) son persistentes y no se modifican con facilidad lo cual justifica el hecho de adelantar investigaciones didácticas que potencien en los estudiantes cambios de orden conceptual y metodológico y e) estos esquemas no son simples esquemas ad hoc, es decir no constituyen sistemas de hipótesis que conducen a comprobaciones (Lakatos, 1978) sino que representan una teoría coherente que paralela al desarrollo histórico Clement (1983) ha denominado "teoría del ímpetus".

La influencia de investigaciones que sobre preconcepciones se han desarrollado en diversos lugares y sobre diversos problemas conceptuales de las ciencias experimentales (Llorens, 1988; Camano et al, 1983; Furió, 1986; Vasquez, 1990; Fernández Navarrete et al, 1989; Grupo Alkali, 1990; Solbes et al, 1988; Barberá, 1990; Bueso,



Furió y Mans, 1988; Izquierdo, 1988; Borsse, 1992; De la Fuente y De Diego, 1984; Furió y Ortíz, 1988), han favorecido la consolidación de principios de orden epistemológico, psicológico y didáctico que han sentado las bases para el avance de las teorías constructivistas para la enseñanza/aprendizaje de las ciencias.

Entre las principales características del constructivismo, se destacan las siguientes (Driver, 1986): lo que hay en el cerebro de quien aprende tiene importancia, encontrar sentido supone establecer relaciones, quien aprende construye activamente significados. En esta medida, han surgido diferentes líneas de investigación entre las que se destacan el modelo de cambio conceptual (Posner et al, 1988), el modelo de la asimilación significativa (Novak, 1988), el modelo alostérico (Giordán, 1982), el modelo del aprendizaje generativo (Osborne y Wittrock, 1983), el modelo del pensamiento causal (Pozo, 1987), el modelo del aprendizaje por investigación (Gil, Furió, Carrascosa y Martínez Torregrosa, 1991) y el modelo sistémico de investigación en la escuela (Porlán, 1988).

Como resultado de la investigación sobre preconcepciones y aprendizaje significativo de la Química (Mosquera, 1997), a partir del estudio de ideas cotidianas y científicas con alumnos de últimos grados de educación media, de primeros semestres de Licenciatura en Química de la Universidad Distrital y con profesores activos de educación básica y media, se pudo a partir de nociones sobre estados de la materia, soluciones, conservación de la masa, discontinuidad de la materia, cambios de la materia y afinidad, concluir que las preconcepciones desde el punto de vista del sentido común poseen un fundamento epistemológico positivista que caracterizan su génesis y su consolidación, las preconcepciones se conectan lógicamente y jerárquicamente en la estructura cognitiva de los estudiantes de tal manera que forman una red conceptual coherente y difícilmente desplazable, las preconcepciones de sentido común no pueden cambiarse por simple transmisión de información. Estos resultados, conviene ahora abordarlos desde la intervención didáctica en la escuela y la universidad, con el fin de poner a prueba los principios del aprendizaje significativo entendido como cambios de contexto conceptual mediados por principios generales de la educación científica como alternativa para la formación de ciudadanos y ciudadanas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D.P., 1978. Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo. Trillas. México.

BACHELARD, G., 1938. La formación del espíritu científico. Siglo XXI editores. Buenos Aires.

BARBERA, O. , 1990. Ajuste de ecuaciones químicas: por qué usar reglas arbitrarias y hechos ficticios? Enseñanza de las ciencias, 8 (1) , pp.85-88.



- BELL, B., FREYBERG, P., 1985. Language in the science classroom. Learning in science. The implications of children's science. Heinemann educational. Nueva Zalanda.
- BERTALANFFY, L., ROSS, W., WEINBERG, G.M, et al, 1984. Tendencias en la teoría general de sistemas. Alianza editorial. Madrid.
- BORSSE, A. 1992. Fuerza de los ácidos y de las bases y criterios de cálculo de pH. Enseñanza de las ciencias, 10 (1), pp.86-88.
- BUESO, A., FURIO, C., MANS, C., 1987. Interpretación de las reacciones de óxido-reducción por lo estudiantes. Primeros resultados. Enseñanza de las ciencias, 6(3), pp. 244-250.
- CAMANO, A., MAYOS, C., MAESTRE, G., VENTURA, T., 1983. Consideraciones sobre algunos errores conceptuales en el aprendizaje de la química en el bachillerato. Enseñanza de las ciencias, 1 (3) , pp.198-200.
- CARAMAZZA, A., MCCLOSKEY, M., GREEN, B., 1981. Naive beliefs in "sophisticated subjects: misconceptions about trajectories of objects. Cognition, 9, pp.117-123.
- CARRASCOSA, J., 1985. Errores conceptuales en la enseñanza de la física y la química: una revisión bibliográfica. Enseñanza de las ciencias, 3, pp.230-234..
- CARRASCOSA, J., GIL, S., 1985. La "metodología de la superficialidad y el aprendizaje de las ciencias". Enseñanza de las ciencias. Pp.113-120.
- CLEMENT, J., 1982. Student preconceptions in introductory mechanics. Am.J. of Physics. 50 (1), pp.66-71.
- CHALMERS, A.F., 1989. Qué es esa cosa llamada ciencia? Siglo XXI editores. Madrid.
- CHAMPAGNE, A., GUNSTONE, R., KLOPFER, L., 1983. Effecting changes in cognitive structures amongst physics students. Paper presented at the symposium on Stability and The American Association. Montreal.
- DE LA FUENTE, M., DE DIEGO, A., 1984. Carácter general de la ley de Arrhenius. Enseñanza de las ciencias, 2 (1), pp.29-32.
- DRIVER, R., 1986., Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. Enseñanza de las ciencias. 4 (1), pp.3-15.



- DRIVER, R., EASLEY, J., 1978. Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in science education*, 5, pp.61-84.
- DUHEM, P. 1962. *The aim and structure of physical theory*. Atheneum. New York.
- ELKANA, Y., 1983. La ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica. *Boletín de la Sociedad Colombiana de Epistemología*. III, 10-11, pp.65-80.
- FERNANDEZ NAVARRETE, L et al., 1989. Determinación aproximada del número de avogadro mediante la aplicación de las leyes de Faraday y la ecuación de los gases perfectos. *Enseñanza de las ciencias*, 7 (3), pp.309-310.
- FURIO, C., 1986. Metodologías utilizadas en la detección de dificultades y esquemas conceptuales en la enseñanza de la química. *Enseñanza de las ciencias*, 4 (1), pp.73-77.
- FURIO, C., ORTIZ, E., 1983. Persistencia de errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico. *Enseñanza de las ciencias*, 1 (1), pp.15-20
- GIL, D., 1983. Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*. Pp.26-33.
- GIL, D., 1985. El futuro de la enseñanza de las ciencias. Algunas implicaciones de la investigación educativa. *Revista de Educación*. Septiembre - Diciembre, pp.27-38.
- GIL, D., 1986. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las ciencias*, 4 (2), pp.111-121.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIO, C., MARTINEZ TORREGROSA, J. , 1991. *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. ICE. Barcelona.
- GIORDAN, A., 1982., *La enseñanza de las ciencias*. Siglo XXI. Madrid.
- GRUPO ALKALI., 1990. Ideas de los alumnos acerca del mol. Estudio curricular. *Enseñanza de las ciencias*, 8 (2), pp. 111-119.
- HODSON, D., 1985. Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12, pp.25-57.
- IZQUIERDO, M., 1988. La contribución de la teoría del flogisto a la estructuración actual de la ciencia química. Implicaciones didácticas. *Enseñanza de las ciencias*, 6 (1) , pp.67-74.



- KUHN, T.S., 1975. La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de cultura económica. México.
- LAKATOS, I., 1978. La metodología de los programas de investigación científica. Alianza editorial. Madrid.
- LEICESTER, H.M., 1967. Panorama histórico de la química. Editorial Alhambra. Madrid.
- LLORENS, J.A., 1988. Aprendizaje de la química y empleo del lenguaje. Enseñanza de las ciencias, 6 (2) , pp.195-197.
- LLORENS, J.A., 1991. Comenzando a aprender química. Ideas para el diseño curricular. Visor. Madrid.
- MORA, W., 198. La formación inicial del profesorado de química como primera etapa del desarrollo profesional. Seminario de Saberes y Formación de maestros. Universidad Distrital. Santa Fe de Bogotá.
- MOSQUERA, C.J., 1992. Una estrategia constructivista para la enseñanza del modelo cuántico del átomo. Universidad Pedagógica Nacional. Santa Fe de Bogotá.
- MOSQUERA, C.J., 1997. Caracterización de Preconcepciones y el aprendizaje significativo de la química. Proyecto de Investigación. IEIE, Universidad Distrital. Santa Fe de Bogotá.
- MOSQUERA, C.J. 1998. Caracterización de preconcepciones y su impacto en el aprendizaje significativo de la química. Informe final de investigación. IEIE, Universidad Distrital. Santa Fe de Bogotá.
- MOSTERIN, J., 1984. Conceptos y teorías en la ciencia. Alianza Editorial, Madrid.
- NOVAK, J., 1988. Constructivismo Humano: Un consenso emergente. Enseñanza de las ciencias. 6 (3) , pp.213-223.
- OSBORNE, R.J., BELL, B.F., GILBERT, J.K., 1983: Science teaching and children's view of the world. European Journal of Science Education. 5 (1), pp.1-14.
- OSBORNE, R.J. y WITTRICK, M.C., 1983. Learning Science: a generative process. Science Education, 67 (4), pp.489-508.
- PIAGET, J. ,1971. Psicología y Epistemología. Ariel. Barcelona.



- POPPER, K.R., 1962. La lógica de la investigación científica. Técno. Madrid.
- PORLAN, R., 1988. Bases para un programa de investigación en torno a un modelo didáctico de tipo sistémico e investigativo. Enseñanza de las ciencias, 6 (1), pp.54-60.
- PORLAN, R., 1998. Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. Enseñanza de las ciencias, 16(1), pp.175-185.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W., GERTZOG, W.A., 1982. Accomodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change. Science Education, 66, pp.7-10.
- POZO, J.A., 1987. Aprendizaje de las ciencias y pensamiento causal. Visor. Barcelona.
- POZO, J.A., SANZ, A., GOMEZ CRESPO, M.A., LIMON, M., 1991. Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. Enseñanza de las ciencias, 9 (1), pp.83-94.
- SOLBES, J et al., 1988. El modelo cuántico del átomo. Enseñanza de las ciencias, 6 (2), pp. 193-194.
- SOTO, C.A., 1989. Diseño y aplicación de un modelo epistemológico fundamentado en el contexto mecánico - cuántico. Universidad Pedagógica Nacional. Santa Fe de Bogotá.
- SOTO, C.A., 1994. Pensamiento postformal, realidad y enseñanza de las ciencias. Pedagogía y saberes. 5, pp.31-38.
- SOTO, C.A., 1999. Metacognición y enseñanza de las ciencias. Proyecto de investigación. Universidad de Antioquia.
- TIBERGHIE, A., 1985. Quelques éléments sur l'évolution de la recherche en didactique de la physique, Revue Francaise de Pedagogie, 72, pp.71-86.
- VASQUEZ ALONSO, A., 1990. Concepciones alternativas en física y química de bachillerato: una metodología diagnóstica. Enseñanza de las ciencias, 8 (1), pp.251-258.
- WARTOWSKY, M., 1989. Introducción a la filosofía de las ciencias. Alianza Editorial.Madrid.
- WATTS, D.M., 1982. Gravity don't take it for granted. Phys.Educ. 17, pp.116-121.