

CONTRIBUCIONES DEL MODELO ARGUMENTAL DE TOULMIN A UNA  
ENSEÑANZA PARA EL CAMBIO CONCEPTUAL.  
ANÁLISIS DEL CONCEPTO DE VACÍO EN LA CONTROVERSIA ENTRE  
PASCAL Y EL PADRE JESUITA NOËL.

WILLIAM ARMANDO MARROQUÍN ARANGO  
MANUEL ALIRIO ZAPATA DÍAZ  
LUZ DARY ZAPATA DÍAZ

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
MEDELLÍN

2002

CONTRIBUCIONES DEL MODELO ARGUMENTAL DE TOULMIN A UNA  
ENSEÑANZA PARA EL CAMBIO CONCEPTUAL.

Análisis del concepto de vacío en la controversia entre Pascal y el padre jesuita  
Noël.

WILLIAM ARMANDO MARROQUÍN ARANGO

MANUEL ALIRIO ZAPATA DÍAZ

LUZ DARY ZAPATA DÍAZ

Monografía para optar al título de  
Especialista en Educación en Ciencias Experimentales

Asesora

MARTA LUZ RAMÍREZ FRANCO

Magister en Educación

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

MEDELLÍN

2002

Nota de aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Medellín, Agosto de 2002

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan un sincero reconocimiento de gratitud y admiración a las personas que hicieron posible la realización de esta Especialización.

A la FACULTAD DE EDUCACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA por la oportunidad que brindó para estudiar en ella, por la calidad humana del personal y el apoyo institucional por el cual se caracterizó en todo momento.

A la asesora MARTA LUZ RAMÍREZ FRANCO, Magister en Educación, por sus invaluable aportes, excelente orientación y constante motivación en el desarrollo y ejecución del proyecto.

A los PROFESORES PARTICIPANTES y COMPAÑEROS del programa, quienes enriquecieron el trabajo con sus aportes valiosos y oportunos.

## CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	
1. OBJETIVOS.	
12	
1.1 Objetivo General.	12
1.2 Objetivos específicos.	12
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
14	
3. MARCO TEORICO	
15	
4.3 Antecedentes del problema.	15
4.4 Referentes conceptuales	32
3.2.1 Cambio conceptual.	32
3.2.2 Diversas concepciones del cambio conceptual.	38
3.2.3 Críticas a la propuesta de cambio conceptual.	
41	
3.2.4 Enseñanza para el Cambio Conceptual.	45
3.3 La argumentación	51

3.3.1	La naturaleza de la construcción social del conocimiento científico.	51
3.3.2	La argumentación y la explicación.	58
3.3.3	Esquema de Argumentación de Toulmin	62
4	PROPUESTA DE APLICACIÓN DEL MODELO ARGUMENTAL DE TOULMIN Y SUS CONTRIBUCIONES A UNA ENSEÑANZA PARA EL CAMBIO CONCEPTUAL	72
4.1	El experimento de Torricelli	72
4.2	Aplicación del modelo argumental de Toulmin a la controversia entre el padre Jesuita Noël y Blaise Pascal sobre la existencia del vacío.	73
4.3	IMPLICACIONES EN LA ENSEÑANZA	92
4.3.1	En relación con la formación del profesor de física.	92
4.3.2	En relación con las pautas de la enseñanza para el cambio conceptual	94
4.3.3	En relación con los cambios que produce el uso de la argumentación en la clase de física.	96
4.3.4	En relación con la enseñanza del concepto de vacío.	97
4.3.5	En relación con los cambios de la estructura curricular de la física.	98
5.	CONCLUSIONES	101



## INTRODUCCIÓN

La propuesta monográfica se enmarca en el campo de la Educación en Ciencias y toma como referente inicial desarrollos teóricos que aluden a los enfoques de enseñanza, especialmente, bajo la perspectiva del cambio conceptual. A partir de ahí se da cuenta de los planteamientos de la teoría, de los conceptos más fundamentales, de las críticas (como postura teórica ante el aprendizaje) y del redireccionamiento que se produce en relación con una enseñanza para el cambio conceptual (Hewson y Beeth, 1995).

A continuación se hace un análisis sobre conceptos teóricos relativos a la argumentación desarrollados por Duval (1999), Perelman, citado por Monsalve (1992) y Toulmin (1999). Los aspectos claves del modelo de Stephen Toulmin han sido muy importantes para el desarrollo de este trabajo monográfico porque su estructura argumental (configurada por datos, afirmaciones, principios o leyes fundamentales, refutadores y calificadores modales, como pilares en la construcción del conocimiento) funciona como una especie de herramienta conceptual, a través de la cual es posible acceder a la explicitación y justificación de las ideas en contextos discursivos tanto del ámbito de la ciencia como de la escuela.



Los referentes anteriores, procedentes de los campos de la Educación en Ciencias y de la Epistemología, se constituyen en el punto de partida para la construcción de una propuesta que busca enriquecer las “pautas de una enseñanza para el cambio conceptual” planteadas por Hewson y Beeth (1995), a partir del modelo argumental de Toulmin aplicado a la enseñanza de la Física. Para cumplir con tal propósito se ha recurrido al análisis de la controversia sobre el vacío establecida entre el Padre Jesuíta Noël y Blaise Pascal. Estos diálogos argumentales están registrados en la correspondencia epistolar establecida entre ambos científicos, en el siglo XVII.

En este siglo, los problemas que planteaba la nueva astronomía de Galileo y de Newton, resucitaron una idea antigua que venía de los atomistas griegos. Estos sostenían que los átomos, una vez puestos en movimiento, continuaban moviéndose con movimiento uniforme<sup>1</sup> y sin necesidad de motor (Hull, 1970) Esto por supuesto, los enfrentó a la ortodoxia aristotélica que concebía el espacio como un medio material, como un plénum y negaba categóricamente, por absurda, la existencia del vacío.

Dicha controversia respecto al vacío, alcanzó un momento importante con el experimento de Torricelli, el cual, siguiendo a su maestro Galileo y usando mercurio en vez de agua, llenó un tubo cerrado por un extremo y sumergió la parte abierta en una cubeta con mercurio. El mercurio descendía hasta cierta

---

<sup>1</sup> El concepto de Inercia es posible en tanto se pueda aislar un cuerpo de su entorno físico y considerarlo como algo que se realiza simplemente en el espacio (Koyre, 1978).

parte (una altura de 76 centímetros aproximadamente) y esto fue interpretado por Torricelli como que el espacio que abandonaba el mercurio debía estar efectivamente vacío.

La controversia entre Pascal y Noël se desarrolla alrededor de este experimento buscando cada uno convencer al otro de sus razones; Pascal aboga por que este espacio dejado por el mercurio esta vacío y Noël afirma que dicho espacio no puede estar vacío. Cada uno de ellos se esfuerza notablemente por tratar de convencer a su adversario dejando ver una rigurosa técnica de persuasión y una defensa apasionada de sus creencias.

En la polémica entre estos dos personajes del siglo XVII, más que la concepción misma de vacío, lo que entra en juego es la aceptación o no de la nueva física planteada por Galileo y seguida por Newton. En efecto, la mecánica newtoniana funda todos sus logros en la convicción de que el universo se rige por principios matemáticos y que la materia es de naturaleza corpuscular (Casini, 1971). Esto le da un atractivo especial a esta controversia ya que toca aspectos esenciales en la comprensión, no solo del concepto de vacío, sino también de la mecánica newtoniana.

El ejercicio de análisis de las cartas, a la luz del esquema de Toulmin, permite identificar las contribuciones del modelo argumental a una enseñanza para el cambio conceptual, en la medida en que ambas perspectivas teóricas guardan

coincidencia en aspectos relacionados con la explicitación y justificación de las ideas, etapas precedentes en la negociación del status de las mismas.

Finalmente, las implicaciones educativas de una articulación entre “argumentación” y “enseñanza para el cambio conceptual”, remiten, en primer lugar, a la importancia de crear ambientes favorables para el ejercicio de una práctica discursiva en el aula de clases, que haga posible la negociación de las ideas y la revisión de su status con el propósito de generar procesos de cambio conceptual. En segundo lugar, conlleva a consideraciones sobre el proceso de formación de los maestros y sobre la necesidad de repensar su quehacer pedagógico y didáctico, en la medida en que se promueva un mayor acercamiento a fuentes documentales (correspondencias entre científicos, manuscritos, textos producidos por los mismos científicos, entre otros) que aluden a la historia y la epistemología de la Física, con lo cual se avanza en la comprensión de los conceptos físicos y se consolida la capacidad de construir argumentos y explicaciones más inteligibles y plausibles, que en el aula de clases serán de mucha utilidad para provocar cambios en el status de las ideas de los alumnos.

Así mismo, se presentan las implicaciones de esta propuesta en relación con el desarrollo curricular de la física planteando la necesidad de hacer énfasis, no tanto en los contenidos o los aspectos puramente técnicos de la física, sino de tener muy en cuenta los aspectos sociales en la construcción del conocimiento científico, esto es, los modos argumentales de los científicos para defender sus

teorías y explicaciones acerca del mundo físico y la manera en que dichas construcciones son llevadas a cabo.

# 1. OBJETIVOS

## 1.1 Objetivo General:

Identificar las contribuciones del modelo de argumentación de Toulmin a una enseñanza para el cambio conceptual a la luz del análisis de la controversia entre el padre Noël y Pascal sobre la existencia del vacío.

## 1.2 Objetivos específicos:

- Caracterizar los aspectos más relevantes de la teoría del cambio conceptual y del modelo de argumentación de Toulmin a fin de establecer sus aportes a la enseñanza de la física.
- Develar los elementos que integran la estructura argumental que presentan las ideas expuestas por el Padre Jesuita Noël y Blaise Pascal en la controversia acerca de la existencia del vacío, a partir de la aplicación del modelo argumental de Stephen Toulmin.

4. Mostrar a través de la controversia entre el Padre Jesuita Noël y Blaise Pascal sobre la existencia del vacío, las contribuciones del modelo de argumentación de Toulmin a una enseñanza para el cambio conceptual enfocada a la explicitación, justificación y negociación del status de las ideas de los alumnos.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Cuáles son las contribuciones que un modelo argumental como el de Toulmin puede ofrecer a una enseñanza para el cambio conceptual en la clase de física.

## **4 MARCO TEÓRICO**

### **4.3 Antecedentes del problema**

En las últimas dos décadas, los estudios de investigadores en educación en ciencias dan cuenta de un renovado interés hacia la didáctica de las ciencias experimentales. Son numerosas las investigaciones que aluden a diversidad de problemáticas relacionadas con la enseñanza en aspectos tales como la selección y estructura lógica de los contenidos a enseñar (Ausubel y otros, 1978 citado por Gil, 1993; Moreira, 1994), el papel del laboratorio (Yaguer y Penick, 1983 citados por Gil, 1993; Gil y otros, 1991 citado por Gil, 1999), la actividad de resolución de problemas en el contexto de la clase de ciencias (Pozo y otros, 1994; Carrascosa y Martínez, 1997 citados por Gil y otros, 1999), las estrategias, técnicas y métodos de enseñanza (Fernández y Elortegui, 1996; García y otros, 1998), el modelo de formación del profesor de ciencias y su incidencia en la práctica docente (Furió y Gil, 1989; Martínez y otros, 1993; Rodrigo y otros, 1993; Pacca y otros, 1996; Porlán y otros, 1998; Paixao y Cachapuz, 1999), las ideas y concepciones epistemológicas acerca de la naturaleza del conocimiento científico; cómo se estructura, cómo evoluciona y cómo se produce tanto en los estudiantes como en



los profesores (Acevedo, 1989; Thomaz y otros, 1996; Fernández y Elortegui, 1996; Mellado, 1996), entre otros aspectos.

En el contexto de esta actividad investigativa emerge el campo de Didáctica de las Ciencias Experimentales, a partir de los desarrollos teóricos producidos por las diferentes líneas de investigación. Dichas líneas son caracterizadas por Gil y otros (1999) como: investigaciones en concepciones alternativas, resolución de problemas, prácticas de laboratorio, diseño curricular, prácticas evaluativas, formación de profesores y cuestiones axiológicas.

Particularmente, en enseñanza de las ciencias además de proponer iniciativas e innovaciones relacionadas con el ¿qué enseñar?, ¿para qué enseñarlo? y ¿cómo enseñarlo?, se ha interesado en develar los modelos didácticos que de manera implícita o explícita caracterizan la práctica docente de los profesores, cuestionando al mismo tiempo la eficacia de prácticas tradicionales de enseñanza centradas en la transmisión de conocimientos ya elaborados. Bajo esta mirada, la transformación del modelo didáctico del profesor demanda un proceso de revisión de sus visiones (simplistas, intuitivas y del "sentido común") sobre la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación.

En relación con los modelos didácticos que caracterizan la práctica docente de los profesores de ciencias, Mellado (1996) los clasifica en: tradicional, de transmisión por explicación y de cambio conceptual por contradicción. Por otro lado, Fernández y Elortegui (1996) distinguen cinco tipos diferentes de profesor, de acuerdo a sus modelos de enseñanza: transmisor, artesano, tecnológico,

descubridor y constructor. Porlán y otros (1998) en sus investigaciones aluden a los modelos tecnológico, tradicional, y alternativo. Y, Pozo y Gómez Crespo (1998) identifican los siguientes modelos de enseñanza: tradicional, por descubrimiento, expositiva, por investigación dirigida, de explicitación y contrastación de modelos, y de enseñanza mediante el conflicto cognitivo.

En nuestro país, investigadores en didáctica de las ciencias experimentales han explorado y caracterizado los modelos didácticos de los profesores. Reyes y otros (1999), por ejemplo, identifican tres tipos de enseñanza que describen como: de acción técnica, acción práctica y acción crítica. Así mismo, Segura y otros (1995), clasifican los modelos según las fuentes en: modelos basados en las interacciones sociales, modelos basados en el procesamiento de la información, modelos basados en el desarrollo de la persona misma y modelos basados en la modificación de la conducta.

En la caracterización que se viene haciendo, se hará un mayor énfasis en las categorías presentadas por Pozo y Gómez Crespo, porque describen de una forma clara y precisa modelos de enseñanza, que aún son vigentes en la práctica docente de los profesores de ciencias naturales.

Para Pozo y Gómez Crespo (1998) la **enseñanza tradicional** de la ciencia, se basa en supuestos de compatibilidad y de realismo interpretativo asumiendo la lógica de la disciplina como un conjunto de hechos y utilizando la transmisión verbal como actividad central de enseñanza. El papel del profesor es el de

proporcionar conocimientos de manera expositiva y el del alumno, recibirlos y reproducirlos.

En este contexto, la organización y selección de los contenidos más relevantes del currículo se basa en la estructura lógica de la disciplina. Este criterio no asegura el uso dinámico y flexible de los saberes fuera del aula y causa desmotivación en los estudiantes, en primer lugar, porque no entienden esta lógica y en segundo lugar, porque no comparten las metas de aprendizaje que implícitamente impone este modelo; metas que en relación con la evaluación implican devolver el conocimiento impartido por el profesor de la forma mas precisa posible en que éste lo transmitió.

En la década de los 60, Jerome Bruner propone su teoría del aprendizaje por descubrimiento. Los principios de aprendizaje que fundamentan esta teoría trasladados al campo de la enseñanza permiten caracterizar un modelo didáctico, que Pozo y Gómez Crespo (1998) denominan **enseñanza por descubrimiento**. Bajo este referente se asume que la mejor manera que los alumnos aprendan ciencias es haciendo ciencia en el aula, es decir realizando experiencias que les permitan investigar y reconstruir los principales descubrimientos científicos. Aquí, es el profesor quien dirige la investigación pero es el alumno quien investiga activamente la naturaleza hasta encontrar sus propias respuestas (Pozo y Carretero, 1987 citado por Campanario y Moya, 1999; Wagensberg, 1993; Gil, 1994 citado por Pozo y Gómez Crespo, 1998).

En este modelo, la evaluación tiene en cuenta no sólo el conocimiento declarativo alcanzado por los estudiantes, sino también los procedimientos y actividades desplegadas en la adquisición de ese conocimiento. Este enfoque según Fernández y Elortegui (1996) y Pozo y Gómez Crespo (1998), generó dificultades esenciales de enseñanza y aprendizaje, en relación con los siguientes aspectos:

- ✓ La compatibilidad básica que se establece entre la mente de los alumnos y la de los científicos parte del supuesto de que éstos pueden aprender y actuar en diversos contextos como pequeños científicos. En tal sentido, este supuesto parece alejarse de las propias capacidades de los alumnos.
- ✓ El método de descubrimiento es muy lento y se apoya en un inductivismo ingenuo.

Bajo este modelo de enseñanza se da prevalencia a los procesos de la ciencia dejando de lado al profesor y asignando al alumno la responsabilidad de construir el conocimiento científico a través de abundantes prácticas de laboratorio (Alarcón y otros, citado por Reyes y otros, 1999; Gil, 1993) buscando con ello llegar a aplicar estrategias de pensamiento formal.

De acuerdo con este enfoque, **la enseñanza** debería basarse en el planteamiento de situaciones abiertas en las que el alumno construye los principios o leyes científicas y, **el aprendizaje**, en resolución de problemas que consigan una mayor integración de los conocimientos declarativos y procedimentales y que demanden un esfuerzo adicional de investigación por parte de alumnos y profesores (Joyce

and Weil, 1985 citados por Pozo y Gómez Crespo, 1998; Pozo y Carretero, 1987 citados por Campanario y Moya, 1999).

Este enfoque fue duramente criticado por didactas y educadores, especialmente por quienes veían en la enseñanza expositiva la posibilidad de garantizar aprendizajes significativos. Para ellos el modelo de enseñanza por descubrimiento subordina el rol del profesor al quehacer mismo de los alumnos, labor que resulta notablemente ambigua.

Para Pozo y Gómez Crespo (1998). El modelo de **enseñanza expositiva** pretende mejorar la eficacia de las exposiciones con el fin de transmitir a los alumnos la estructura conceptual de las disciplinas científicas, que es lo que constituye el "significado lógico" de las mismas. Así, para que una exposición o explicación, oral o escrita sea eficaz, se precisa establecer de modo explícito, relaciones entre la nueva información que va a presentarse y los conocimientos que están presentes en la estructura conceptual del alumno.

De esta manera el currículo de ciencias debe ocuparse de la presentación sistemática de un cuerpo organizado de conocimientos como un fin explícito en sí mismo (Ausubel, Novak y Henesian, 1983 citados por Campanario, 1999). Así mismo, los demás contenidos del currículo pasan a un segundo plano como las actitudes y procedimientos. Según Ausubel este modelo de enseñanza expositiva centra sus actividades de evaluación en el conocimiento conceptual.

Aunque este tipo de enseñanza puede ser útil para lograr que los alumnos comprendan algunas nociones científicas cuando disponen de conocimientos previos a los que se asimila la nueva información, su eficacia se vuelve dudosa cuando se trata de cambiar de modo radical esos conocimientos previos; así, este modelo se vuelve insuficiente para lograr una reestructuración de esas concepciones previas (Pozo, 1989, 1996 citado por Pozo y Gómez Crespo, 1998). La aplicación de este modelo de enseñanza expositiva sirve para diferenciar conceptos pero no permite que el alumno construya los principios generales (epistemológicos, ontológicos y conceptuales) que dan significado a los diferentes conceptos científicos estudiados.

El modelo de enseñanza por **investigación dirigida**, identificado igualmente por Pozo y Crespo (1998), se inscribe en una posición claramente constructivista al asumir que los modelos y teorías elaboradas por la ciencia, sus métodos y sus valores son producto de una construcción social. Al llevar este enfoque al aula es preciso situar al alumno en contextos sociales de construcción del conocimiento, situaciones similares a las que vive el científico. (Ramírez y Martínez, 1994 citados por Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Bajo este modelo, la enseñanza de la ciencia gira en torno a la resolución de problemas y al propósito de despertar en los alumnos el interés hacia éstos y su estudio cualitativo, de manera que sea posible trabajar en la definición de variables, la construcción de hipótesis, la elaboración y explicación de posibles

estrategias de solución y de análisis de resultados a la luz de las hipótesis y de redefiniciones del problema.

A pesar de las grandes fortalezas, este modelo de enseñanza presenta también algunas dificultades debido a: (Pozo y Crespo 1998)

- 4 El alto nivel de exigencia al profesorado especialmente en aspectos relacionados con el cambio tanto en el ámbito conceptual como procedimental y actitudinal.
- ✓ Cambio radical en la forma de concebir el currículo de ciencias y sus metas.

Dado que los problemas de los científicos no son verdaderos problemas de los alumnos se abre paso un nuevo modelo de enseñanza por **explicitación y contrastación de modelos** que busca fomentar en los alumnos la capacidad de definir o explicitar varias teorías alternativas mediante el uso de un lenguaje adecuado, la relación entre diversas explicaciones y el discernimiento entre varias interpretaciones. Plantea además, que más allá de aprender una teoría como verdadera, se pretende que el alumno comprenda lo que hay de verdadero entre diferentes modelos y teorías como también sus relaciones y la propia evolución del conocimiento científico. (Mortimer, 1995 citado por Soto, 1998)

En este tipo de enseñanza se presentan dificultades similares a las de la enseñanza por investigación dirigida derivadas de las concepciones que el

profesor tenga acerca de la ciencia y de sus propias prácticas de enseñanza. Sin embargo Pozo y Crespo piensan que el modelo mismo tiene sus propias limitaciones y consideran como las más relevantes el problema de la transferencia de los modelos o conceptos a otros dominios y el problema de inducir en el alumno la idea de que el conocimiento es relativo, generando así, un estado de escepticismo frente al mismo.

Finalmente, Pozo y Crespo aluden al modelo de **enseñanza basado en el conflicto cognitivo**. En este modelo se parte de concepciones alternativas que al confrontarlas con situaciones conflictivas permiten el cambio conceptual. (Strike y Posner, 1992 citados por Pozo y Crespo, 1998). Este modelo, asume la idea de que es el alumno el que elabora y construye su propio conocimiento y quien debe tomar conciencia de sus limitaciones con el fin de superarlas. En este enfoque las concepciones alternativas ocupan un lugar central de modo que la meta de la educación científica es la de cambiar esas concepciones intuitivas de los alumnos para sustituirlas por el conocimiento científico.

Es, en este enfoque de cambio conceptual donde se inscribe el problema que estudiaremos en este trabajo monográfico, por esa razón, nos detendremos un poco más en su descripción. Se trata a partir de aquí de situar, en un plano particular (en relación con el enfoque de enseñanza), los antecedentes que se vienen exponiendo.



Los planteamientos iniciales de la teoría del cambio conceptual fueron desarrollados por Posner, Strike, Hewson y Gertzog en 1982. En su artículo: "Acomodación de un concepto científico: hacia una teoría del cambio conceptual", consideran el aprendizaje no como un conjunto de ideas correctas o un repertorio verbal sino más bien como una actividad racional, así mismo, hacen énfasis en dos procesos. El primero corresponde al de **asimilación**, en el que intervienen factores asociados a la ecología conceptual del aprendiz. El segundo hace referencia a la **acomodación**, el cual implica cambios o transformaciones en aspectos relativos a esa ecología conceptual.

Este grupo de investigadores hace énfasis en la importancia de la ecología conceptual entendida como un conjunto de factores de naturaleza ontológica, epistemológica y conceptual que, como ya se dijo, juegan un papel determinante en la estructuración y reestructuración de las concepciones del aprendiz.

El cambio conceptual implica fundamentalmente un proceso de acomodación, por ello es necesario que:

- Haya una insatisfacción con las concepciones existentes. Esa insatisfacción se desarrolla cuando el aprendiz desde su teoría vigente no consigue resolver ciertos problemas o analizar un fenómeno determinado.
- La nueva concepción sea inteligible y comprensible para el estudiante.
- Las nuevas concepciones sean verosímiles en cuanto permitan al alumno resolver problemas.

- El nuevo concepto sea fructífero, en cuanto permita la proyección o la implementación de nuevos programas de investigación.

Los planteamientos teóricos desarrollados por estos autores en el año 82 presuponían que bastaba con propiciar las cuatro condiciones de la acomodación, enfrentando a los estudiantes a situaciones de conflicto cognitivo, para generar el cambio conceptual. También consideraban que lo que realmente cambiaba eran los conceptos.

Investigaciones posteriores demostraron que el proceso de cambio era mucho más complejo, que las ideas o teorías alternativas de los alumnos son construcciones personales, específicas de dominio, muy resistentes y robustas y además incorrectas desde el punto de vista científico (Hewson y Beeth, 1995; Hynd y otros, 1997; Carretero y Limón, 1997; Marín, 1999:a; Marion y otros, 1999; Martínez y Martínez, 1999) y que además, el cambio debía estar precedido por cambios ontológicos y epistemológicos en el aprendiz (Chi y otros, 1994 citados por Pozo y Crespo, 1998; Vosniadou, 1994).

Hewson y Beeth (1995) hacen entonces un replanteamiento teórico respecto al **aprendizaje como cambio conceptual** ya que consideran que esta perspectiva no prescribe de manera explícita el modelo de enseñanza, es decir, el enfoque inicialmente propuesto en el año 82, según estos investigadores, presenta algunas restricciones, puesto que desde una visión de aprendizaje, no es posible plantear estrategias de enseñanza orientadas a promover el cambio conceptual. Estos

autores consideran que el enfoque de **enseñanza para el cambio conceptual** tiene como objetivo ayudar a los estudiantes a experimentar dicho cambio, para esto es necesario crear espacios de discusión al interior del aula y aplicar unas pautas generales en el proceso de enseñanza, son ellas:

- Las ideas de los estudiantes deben ser una parte explícita del debate en el aula.
- El status de las ideas debe ser discutido y negociado buscando llegar a consensos.
- La justificación de las ideas tienen que ser un componente explícito del plan de estudio, atendiendo a criterios de inteligibilidad, plausibilidad y fructibilidad.
- El debate del aula tiene que ser explícitamente metacognitivo y metaconceptual.

Estas pautas destacan un aspecto, que las investigaciones de los últimos cinco años centradas en la enseñanza, han señalado como importante: el de la **interacción dialógica en el aula**, en el proceso de negociación del status de las ideas, (Hewson y Beeth, 1995; Duschl, 1999; Sardá y otros, 2000; Driver y otros, 2000) y la necesidad que el alumno desarrolle **habilidades de argumentación** en el contexto de una práctica argumentativa en la escuela.

Esta nueva perspectiva, planteada en el enfoque de enseñanza para el cambio conceptual, coincide con ideas desarrolladas en los últimos años por otros investigadores. Por ejemplo, Driver y otros (2000) señalan que uno de los aspectos más relevantes en la construcción del conocimiento científico y al que poca atención se ha prestado en didáctica de las ciencias, lo constituye el proceso de la argumentación en el aula. La argumentación, como práctica social y cultural instalada en el corazón mismo de la ciencia, ha jugado un rol central en su construcción (Taylor, 1996; Fuller 1997, citados por Driver y otros, 2000), de ahí que su contribución como práctica, en el contexto de la clase de ciencias, posibilite la estimación de alternativas, la evaluación del peso de las evidencias, la interpretación de situaciones específicas y el examen de la viabilidad potencial de una expresión o ley científica.

Investigaciones realizadas por Aguirre y otros (1990) citados por Reyes y otros (1999); Segura y otros (1995); Driver y otros (2000), han mostrado que tanto profesores como alumnos tienen una concepción empiropositivista de la ciencia, esto es, comparten la visión de que el conocimiento se induce de la observación y de la experimentación. Estas concepciones se mantienen y se refuerzan en ambientes educativos cuyas prácticas de enseñanza, de corte tradicional, limitan o coartan el uso de habilidades discursivas pues no se identifica su papel en la producción de las teorías científicas.

Sin embargo, las tendencias actuales en la enseñanza de las ciencias reconocen la importancia de que profesores y estudiantes replanteen sus ideas sobre la

naturaleza de la ciencia, y avancen hacia nuevas conceptualizaciones que les permitan comprender el conocimiento científico como una construcción social, transfiriendo así, del ámbito científico al ámbito escolar la práctica de la argumentación. Práctica que al interior de las comunidades científicas juega un papel central, en la constitución de la naturaleza misma del conocimiento científico y en la construcción consensuada de la realidad (Perafán, 1994:a, citado por Reyes y otros, 1999).

Fuller (1997) citado por Driver y otros (2000), sostiene que los individuos (no científicos) para ser informados acerca de las afirmaciones de la ciencia necesitan relacionarse, no sólo con contenidos científicos, sino con dominios propios de su historia y su epistemología. Bajo esta mirada se hace énfasis en una educación acerca de la ciencia y no en una educación centrada en sus contenidos.

Los estudiantes deberían, por lo tanto, tener la oportunidad de aprender acerca de los conceptos de la ciencia, de sus prácticas y métodos, de su desarrollo epistemológico y de su naturaleza como práctica social. Así mismo, indagar las implicaciones políticas y sociales que entraña la adopción de una teoría física dentro de un contexto histórico en particular y conocer las polémicas que se han generado a partir de un conocimiento específico (por ejemplo la redondez de la tierra, el movimiento de los cuerpos o la naturaleza del espacio).

La argumentación debería ocupar un lugar central en la enseñanza de las ciencias dado que permite una mayor comprensión conceptual, un mejor desarrollo de la capacidad investigativa, un conocimiento más amplio de su epistemología, una

comprensión acerca del conocimiento científico como construcción social y conduce, además, a una mejor comprensión pública de la misma, es decir a un mejor alfabetismo científico (Driver y otros, 2000).

Las prácticas discursivas en el aula se convierten en una estrategia pedagógica de gran importancia ya que permiten:

- ✓ Indagar sobre las concepciones alternativas de los estudiantes acerca de un fenómeno dado.
- ✓ Compartir información sólida, clara y coherente acerca de situaciones físicas.
- ✓ Dar razones que apoyen y/o sustenten una idea.
- ✓ Dar elementos de ayuda para elegir una idea, determinar su status y/o asumir un plan de acción.

Si consideramos que el conocimiento científico es construido a través de una práctica social, es muy importante que los jóvenes sean informados acerca de cómo la ciencia ha avanzado en el pasado y cómo lo sigue haciendo en el presente. Para alcanzar esto es necesario que ellos tengan acceso a información sobre, por ejemplo: ¿cómo se hace la ciencia actualmente?, ¿cuáles son los supuestos básicos de los científicos que los lleva a describir el mundo en términos de átomos o en términos de fuerza y movimiento?.

La ciencia, como una construcción social, plantea que los conceptos, modelos y los modos de ver el mundo son acuerdos o consensos que hacen los científicos en el contexto de procesos argumentativos que se generan al interior de las comunidades. Así mismo, aprender a argumentar en el contexto de la clase de ciencias es una vía que permite comprender el conocimiento científico como un proceso de construcción social. Sin embargo, los estudiantes sólo podrán replantear sus ideas sobre la ciencia y su naturaleza, en la medida en que ellos mismos participen de la práctica argumentativa (Herrenkohl y Guerra 1995, citado por Driver y otros, 2000).

Así mismo, Duschl (1999), considera que la argumentación, como un elemento estructural del lenguaje científico, es esencial tanto en la construcción del conocimiento científico como en la comunicación y conocimiento de las afirmaciones científicas. Esto nos lleva a reconocer que una estrategia de enseñanza basada en la argumentación es una herramienta importante para hacer ciencia y para hablar acerca de la ciencia, siendo además la mejor estrategia para resolver disputas, preguntas o controversias.

Stephen Toulmin, quien desde la epistemología, ha producido interesantes planteamientos sobre la argumentación, plantea que la ciencia se ha construido con base en un criterio de "verdad de la correspondencia". "Según la teoría de la "verdad de la correspondencia", decir que una proposición es verdadera es decir que se corresponde con los hechos..." (Toulmin 1979, pág 93). Desde esta

perspectiva, considera que las frases que intentan dar una descripción del mundo pueden descomponerse en un número finito de elementos.

Hay algunas frases que podemos describir con viveza casi literal como "correspondientes a" o incluso como "que dan un retrato de" las características del mundo que describen. Las frases de este tipo (podemos decir) tienen una "estructura", es decir, la frase puede descomponerse en un número de elementos; cada uno de estos elementos "se refieren" a algo del mundo... (Toulmin 1979, pág 93).

Es, bajo esta perspectiva, que se pretende abordar una propuesta de enseñanza de la ciencia, asumiendo el modelo argumental de Toulmin como un recurso heurístico, o como una herramienta conceptual que puede contribuir en el reconocimiento de esos "elementos y sus equivalentes en el "mundo", que están presentes en todo proceso de explicitación, justificación y negociación del status de las ideas.

Finalmente, si una educación científica pretende lograr cambiar la extendida creencia de una ciencia fundada en la observación y la experimentación, debe por lo tanto, asignar un rol central a los procesos argumentativos que se dan al interior de las comunidades en las cuales es construido el conocimiento y llevar estas prácticas al aula de clase. Estos planteamientos coinciden con los intereses de este trabajo, pues se intenta partir del estudio y aplicación del modelo argumental de Toulmin tratando de inferir las implicaciones educativas que podría generar en



el contexto de las pautas que caracterizan a la enseñanza para el cambio conceptual. Bajo esta perspectiva teórica los aportes de Toulmin respecto a la argumentación se constituyen en una herramienta para la enseñanza acerca de la ciencia en general y de la física en particular. Una herramienta, en tanto permite, explicitar las ideas, justificarlas en el contexto de una práctica argumentativa y aportar elementos para la negociación de su status en la estructura conceptual del aprendiz (Beeth, 1998:b).

## **3.2. Referentes Conceptuales**

### **3.2.1 Cambio conceptual**

A partir del trabajo de Kuhn "The Structure of Scientific Revolutions" en 1962, se abren perspectivas novedosas en la consideración de la naturaleza de la ciencia y su desarrollo histórico - epistemológico. Las rupturas conceptuales evidenciadas en los cambios de paradigma constituyen el énfasis de su trabajo presentando el progreso del conocimiento científico como un proceso discreto, esto es, un proceso en el cual las teorías que compiten en la explicación de los fenómenos son inconmensurables.

Estas ideas sobre el cambio conceptual en la ciencia descritas por Thomas Kuhn (cambios paradigmáticos) y por Imre Lakatos (cambio en los programas de investigación científica), son recogidas por investigadores en didáctica de las ciencias quienes proponen un modelo de aprendizaje que reconoce que, en la

escuela, los estudiantes igualmente se ven enfrentados a cambios conceptuales cuando sus ideas vigentes son confrontadas y expuestas a situaciones de conflicto cognitivo en relación con otras ideas más inteligibles, verosímiles y fructíferas. Bajo esta mirada, Posner y colaboradores (1982) consideran el aprendizaje como cambio conceptual. No obstante, el modelo ha cambiado como se explica más adelante.

El cambio conceptual se funda en presupuestos, tanto de carácter psicológico como epistemológico. En cuanto a lo psicológico son relevantes los aportes de David Ausubel en relación con el reconocimiento de las ideas previas del alumno como condición de gran influencia en el proceso aprendizaje, pues depende de que en la estructura cognoscitiva del estudiante se establezcan nexos entre la nueva información y los conocimientos previos. También se considera importante la valoración que desde la psicología genética de Piaget y desde los trabajos de Vienot (1979) y Driver (1973); citados por Posner y otros (1982), se ha hecho al estudio de las preconcepciones infantiles como formas iniciales de explicación sobre el mundo.

Desde el punto de vista epistemológico, los autores destacan las fases que caracterizan el cambio conceptual en las ciencias. La primera, enfatiza que el trabajo científico se hace sobre el fondo de unos compromisos centrales que organizan la investigación definiendo problemas, indicando las estrategias a utilizar y especificando los criterios que ayuden a su solución. Así mismo, en la

escuela, los estudiantes se enfrentan a un proceso de asimilación del conocimiento utilizando los conceptos ya existentes en su estructura conceptual para trabajar con nuevos fenómenos.

La segunda etapa, se presenta cuando estos compromisos centrales necesitan alguna modificación debido a la incompetencia de la teoría para resolver problemas a medida que ésta extiende su campo de aplicación. El creciente número de situaciones anómalas conduce a un estado de crisis que es resuelto con la creación y adscripción, de miembros de la comunidad científica, a un nuevo paradigma, el cual tiene la capacidad de resolver los problemas que el paradigma antecesor no resolvía. De la misma manera, cuando el estudiante reemplaza o reorganiza sus conceptos centrales hay una forma radical de cambio conceptual denominado acomodación, el cual se realiza bajo las siguientes condiciones:

- Insatisfacción: Se presenta en el individuo cuando éste es consciente de que sus preconcepciones no pueden explicar un fenómeno o resolver los problemas planteados. Surgen por ello, al interior de su ecología conceptual, las anomalías, que sólo serán superadas cuando aparezca una nueva teoría con un poder explicativo mayor que el de su antecesora.
- Inteligibilidad: La nueva teoría para ser admitida por el estudiante debe ser inteligible o comprensible. La inteligibilidad tiene que ver con el hecho de que la nueva teoría pueda ser objeto de representación por parte del individuo, con el fin de poder explicar más fácilmente los eventos y/o

conceptos físicos. El grado de coherencia de estas representaciones se evidencia en la semántica y la sintaxis utilizada por el sujeto al explicitar sus ideas.

- Verosimilitud: Una nueva teoría es verosímil en la medida que ofrece al individuo la posibilidad de resolver problemas que la antigua concepción no resolvía. Lo verosímil surge de la coherencia del nuevo conocimiento con otros conocimientos aceptados, esto es, la nueva concepción no puede entrar en contradicción con otras ya existentes. La verosimilitud tiene que ver con el grado de articulación o acople de la nueva concepción con la ecología conceptual del sujeto, su coherencia con los compromisos epistemológicos y con las creencias metafísicas de tal manera que encaje con el sentido propio de lo que puede ser el mundo.
- Fructibilidad: Reside en el hecho de que la nueva teoría permita abrir nuevas áreas de investigación en el sentido de que puede abordar nuevos problemas. Una concepción es fructífera en la medida que pueda ser usada como herramienta para avanzar en el conocimiento científico y tecnológico. Por ejemplo, el concepto de vacío propuesto por Torricelli y Pascal, abrió posibilidades antes insospechadas que se han reflejado en artefactos tecnológicos como la aspiradora o máquinas de secado y pintura al vacío, empaques de alimentos en vacío, fundición de metales al vacío para evitar la corrosión, entre muchas otras.

Para Posner y colaboradores (1982), uno de los conceptos centrales de su teoría es el de la ecología conceptual que corresponde a los conceptos vigentes del individuo. En esta ecología conceptual se presentan diversos factores que son determinantes en el proceso de acomodación, entre ellos se destacan:

- Las anomalías: Dan cuenta del grado de insatisfacción del estudiante con sus concepciones vigentes y son además un recurso para generar insatisfacciones. Un estudiante experimenta una anomalía cada vez que intenta asimilar, sin lograrlo, una experiencia o una concepción dentro de su trama de concepciones.
- Las analogías y metáforas: Aluden al conjunto de representaciones analógicas que le han permitido al estudiante hacer más entendible y comprensible un concepto dado (y sí bien, en algún momento facilitan la comprensión, en otros casos se convierten en un obstáculo para alcanzarla, por tanto, podría ser preciso, en ciertas circunstancias, promover su explicitación y confrontación). Empleadas como recurso hacen más comprensible el aprendizaje de conceptos.
- Los compromisos epistemológicos: Hacen referencia a las ideas específicas de la ciencia y a los puntos de vista generales acerca del carácter del conocimiento. La idea de fuerza, por ejemplo, constituye una idea específica de la ciencia. De otra parte, el que una teoría cumpla con

los requisitos de elegancia, parsimonia y no ser *ad hoc* obedece a perspectivas generales acerca del conocimiento científico.

- Las creencias y conceptos metafísicos: Constituyen un pilar fundamental para admitir o rechazar explicaciones concretas sobre la naturaleza última del universo y que son inmunes a cualquier tipo de refutación empírica directa. La naturaleza sustancial del espacio, por ejemplo, constituye una creencia que no le permite al padre Noël, en su controversia con Pascal, acceder al concepto de presión como el peso de una columna atmosférica.
- Los conocimientos de otros campos: Ayudan en el proceso de selección de nuevos conceptos. Las nuevas relaciones establecidas deben posibilitar un conocimiento más coherente y claro que el que ya se tiene y debe llenar las expectativas que tienen los estudiantes al respecto.

Todos los factores anteriores son de carácter epistemológico, cuestión que es revisada a partir de Investigaciones posteriores realizadas por Strike y Posner, (1993) citados por Moreira (1994), que permiten concluir la necesidad de ampliar el concepto de ecología conceptual adicionando factores afectivos y motivacionales que influyen en el proceso de aprendizaje, entendido como cambio conceptual.

Otro de los supuestos de la teoría original del cambio conceptual que es revisado como resultado del trabajo de otros investigadores en esta línea tiene que ver con

la relación entre conocimiento común y conocimiento científico. Según la teoría original, las teorías alternativas o implícitas de los alumnos son errores que deben ser erradicados y cambiados por las ideas científicas. Sin embargo, Vosniadou (1994) citada por Soto (1998) ofrece un punto de vista diferente. Para ella, estas teorías alternativas son realmente teorías-marco (construidas sobre la base de unos compromisos epistemológicos y ontológicos), que se componen además de teorías específicas de dominio, de creencias y de modelos mentales. Son estos modelos los que revelan que en la interacción entre el modelo inicial del estudiante y el modelo científico, se produce un nuevo modelo denominado de síntesis, que reconcilia posturas incompatibles con los compromisos epistemológicos y ontológicos presentes en la estructura conceptual descrita.

### **3.2.2 Diversas concepciones del cambio conceptual**

En las últimas dos décadas se han incrementado, de manera considerable, las investigaciones alrededor del cambio conceptual (Marín, 1999:a,b; Oliva, 1999:a, b) pero lejos de presentar una unidad en su interpretación, lo que se ve es la confluencia de diversas posturas en su abordaje. Aspectos como: ¿qué es lo que cambia en el cambio conceptual?, ¿cuál es su naturaleza?, y ¿cómo generar procesos de cambio conceptual en los aprendices? han suscitado múltiples visiones acerca de la teoría.

Una primera caracterización hecha bajo un enfoque epistemológico, es la que hace Weil Barais y Lemeignan (1991), citado por Marín (1999:b), quienes plantean

tres visiones distintas acerca del cambio conceptual con respecto a la permanencia o no de las concepciones alternativas. En este sentido estos autores consideran que el cambio conceptual se asume en términos de: erradicación, coexistencia y articulación.

Quienes asumen el cambio conceptual como erradicación consideran que las concepciones alternativas deben ser sustituidas por los conceptos científicamente aceptados (Posner y otros, 1982; Chi y otros, 1994 citado por Pozo y Gómez Crespo 1998).

Aquellos que contemplan el cambio conceptual como coexistencia consideran que el individuo puede asumir concepciones diferentes acerca de un mismo fenómeno usándolas en contextos distintos (Vosniadou, 1994; Mortimer, 1995 citados por Soto, 1998). Esta postura trata a las teorías alternativas, no como errores conceptuales, sino como "estructuras teóricas" con una lógica interna y una capacidad de explicación.

Los investigadores que miran el cambio conceptual como articulación defienden la idea de que las preconcepciones son compatibles con las ideas científicas, sólo que tienen un menor nivel de generalidad, de modo que, el nuevo conocimiento se acopla al conocimiento ya existente posibilitando una reestructuración progresiva de la ecología conceptual.



Desde otro punto de vista podrían distinguirse, por un lado, aquellas posturas que consideran que el cambio es estrictamente conceptual, y por otro, los que asumen el cambio desde una perspectiva actitudinal y/o metodológica.

En este ámbito Rodríguez, (1999) citada por Rodríguez, (2000) hace una clasificación de los diferentes enfoques del cambio conceptual en tres bloques de modelos: los llamados modelos fríos, los experienciales o situados y los modelos calientes.

Los llamados modelos fríos conciben el cambio conceptual como un cambio en la estructura del conocimiento declarativo de los sujetos, atendiendo a criterios racionales o puramente cognitivos. En este tipo de modelos subyacen cuatro categorías: el modelo de la teoría inicial de Posner y su grupo, quienes consideran el cambio como de naturaleza puramente racional; los modelos neoinnatistas o nativistas, que le dan relevancia a las predisposiciones iniciales del sujeto; los modelos metacognitivos, que hacen énfasis en la relevancia que tiene para el cambio conceptual, el conocimiento y control de los propios procesos cognitivos y los modelos centrados en la pericia (Chi, 1992 citado por Rodríguez, 2000); es decir, en la capacidad de resolver problemas desde la condición de novato a experto. Capacidad que depende de la ontología del estudiante.

Los modelos experienciales o situados enfatizan en el uso del conocimiento y por ende de los procedimientos y su carácter explicativo en los diferentes contextos.

De esta manera se entiende el cambio conceptual como un aprendizaje contextualizado.

Los modelos calientes consideran que además de los procesos racionales, son importantes también los factores motivacionales y afectivos. En este sentido no es posible separar el hacer, el sentir y el saber (Strike y Posner, 1991 citado por Moreira, 1994; De Cudmaní, 2000).

Por otro lado, si se introduce el concepto de ecología conceptual ligado con las características particulares del individuo, caracterizado por la presencia de compromisos metafísicos y epistemológicos, además de factores afectivos y motivacionales, se puede deducir que lo que se ha llamado cambio racional no es más que el uso idiosincrático de los elementos correspondientes a cada ecología conceptual (Laudan, 1986 citado por De Cudmani y otros, 2000).

### **3.2.3 Críticas a la propuesta de cambio conceptual**

Según Marín (1999:b) investigadores como Hewson y Thorley (1989); Martínez y otros (1993); Sebastián (1993); Perales (1993) aseguran que la aplicación de esta propuesta en el aula no ha arrojado los resultados esperados y por ello es preciso delimitarla aún más. Esta situación ha traído consigo una serie de críticas desde diferentes puntos de vista.

Desde el punto de vista epistemológico, De Cudmani (1997) hace una revisión del concepto de racionalidad científica de Kuhn, el cual propone que los procesos cognitivos se estructuran jerárquicamente, esto es, los cambios de paradigma en la ciencia obedecen a cambios ontológicos, metodológicos y axiológicos que además se presentan de manera simultánea (La teoría original presupone que los cambios, además de ser estrictamente racionales, se presentan simultáneamente en todos los niveles: ontológico, epistemológico y conceptual. Según Kuhn, cuando el científico cambia su paradigma ve el mundo de una manera completamente nueva).

Contrario a éste, Laudan (1984) citado por De Cudmani y otros (2000) plantea un concepto de cambio con un mayor nivel de complejidad en el que los reajustes que se dan al interior de la ecología conceptual, no se presentan de manera simultánea y además no existe un nivel privilegiado en el sentido que sea el comienzo del proceso.

Laudan, según De Cudmani, (1997) le asigna un rol muy importante a las valoraciones que los científicos hacen del conocimiento y sostienen que ellos pueden alterar sus compromisos teóricos y no cambiar sus compromisos metodológicos y axiológicos. De esta manera, el modelo reticular de Laudan se opone al modelo jerárquico de Kuhn en el sentido de considerar interacciones entre metas cognoscitivas, patrones metodológicos y creencias teórico empíricas que no necesariamente se traducen en cambios simultáneos en todos los niveles.

Desde otro punto de vista, Martín (2000) hace un amplio recorrido por las insuficiencias del modelo de aprendizaje como cambio conceptual. En este análisis, describe las insuficiencias que se derivan directamente de los diversos enfoques del mismo, como también aquellas que surgen de los presupuestos psicológicos que intentan explicar el proceso de aprendizaje.

La primera dificultad del modelo para este autor tiene que ver con el hecho de que no todo el aprendizaje puede explicarse en términos de cambio conceptual esto es, existen diversas situaciones en las que el conocimiento es debido a reestructuraciones que suponen un nivel de crecimiento y ajuste: Esto genera un estado de incertidumbre en el profesor en tanto no es claro cuando se produce un tipo de aprendizaje u otro, lo que conduce a ambigüedades en la elección de la estrategia didáctica a utilizar.

Una segunda dificultad se revela en el hecho de que no todos los tipos de contenido encuentran explicación en las teorías de cambio conceptual. En este sentido, los conocimientos procedimentales no pueden ser reducidos a un aprendizaje como cambio conceptual. Ya que si bien, es posible generar conocimiento declarativo acerca de un procedimiento, los dos tipos de conocimiento no se deben confundir con uno solo, debido a que su naturaleza es distinta.

Similar a la dificultad anterior es la que plantea que no todas las disciplinas escolares se ajustan a procesos de cambio conceptual, Esta teoría surgió del ámbito de las disciplinas científicas y por ello su alcance respecto al currículo

escolar es limitado por lo que vale la pena preguntarse si el cambio conceptual es aplicable a saberes como la historia o las artes entre otras (Carretero, 2000).

Otro aspecto importante que aparece como una limitación de la teoría es la necesidad de alcanzar una mayor integración entre los distintos enfoques del cambio conceptual y en particular entre aquellos que centran la atención en los formatos representacionales (Pozo, 1999) y aquellos que consideran más importante la experiencia y el uso del conocimiento en diferentes contextos. Los desarrollos de la teoría del cambio conceptual reclaman una mayor integración entre las diversas propuestas instruccionales que a su vez aglutinen los mecanismos por los cuales se puede generar el cambio (Jiménez, 1991 citado por Marín, 1999:b).

Hewson y Hewson (1992) citado por Oliva (1999:a) plantean que existe evidencia sobre la posibilidad de efectuar cambios radicales que involucren todas las concepciones y en su extremo opuesto también presentarse cambios parciales que involucren un número reducido de nociones. De esta manera se debe entender el cambio conceptual como un proceso gradual por etapas, ausente de cambios repentinos. Así, el resultado puede ser una combinación de los dos tipos de cambio.

De otro lado, según Martín (2000), la teoría del cambio conceptual no da una explicación satisfactoria de los procesos de transferencia, lo que se traduce en la imposibilidad de dar cuenta de la influencia que pueda tener la reestructuración de

una preconcepción en la reestructuración de otras ideas del alumno o, de otra manera, responder a la pregunta: ¿Cómo podemos los docentes favorecer la transferencia?

Otra de las debilidades, según Martín (2000), de esta teoría se revela en que no tienen en cuenta la interacción social como factor de aprendizaje. El exagerado énfasis en los procesos cognitivos ha llevado a la teoría a adoptar el aprendizaje en términos de la relación sujeto-objeto y ha descuidado bastante las interacciones sociales como agentes generadores de reestructuración y cambio conceptual. En esta dirección, nos parece que los trabajos de Hewson (1990); Hewson y Beeth (1995); Beeth (1998:a, b) han hecho aportes significativos a la propuesta de enseñanza para el cambio conceptual.

Además de las dificultades anteriores se agrega el que la teoría no considera los procesos de evaluación del aprendizaje. En efecto, no existen pautas claras en la teoría que den cuenta de cuando se produjo un cambio y en que nivel.

Finalmente, Martín (2000), alega que esta teoría de aprendizaje no aplica su marco teórico a las concepciones de los profesores. No obstante, en la revisión bibliográfica hecha sobre el cambio conceptual hemos encontrado algunos trabajos importantes acerca de las concepciones de los profesores y los procesos de cambio conceptual en ellos (Hynd y otros, 1997; Stofflett y Stoddart, 1994; Stofflet, 1994; Marion y otros, 1999)

### **3.2.4 Enseñanza para el Cambio Conceptual.**

Desde la aparición de la teoría del cambio conceptual con Posner y otros (1982) su desarrollo se ubica en tres grandes momentos. Un primer momento, donde el énfasis se hace sobre el aprendizaje y los mecanismos cognitivos que lo facilitan (mecanismos de acomodación). De esta manera, el papel del profesor se reduce a generar conflictos cognitivos después de indagar las preconcepciones del estudiante. El conflicto cognitivo se asume como estrategia instruccional por excelencia para generar el cambio conceptual.

En un segundo momento se supera esta concepción ingenua del cambio conceptual agregando nuevos factores de los cuales depende el cambio. Entre los más relevantes se pueden enunciar los factores motivacionales y afectivos: (Pintrich y otros, 1993 citados por Martín 2000; Rodríguez y Huertas, 2000) y los factores metacognitivos entre otros. (Gunstone y Northfield, 1992; Degisi Yore, 1992; Yore y Craig, 1992 citados por Soto 1998). Estos modelos continúan haciendo énfasis en los procesos cognitivos y en la naturaleza del cambio.

En un tercer momento y considerando las críticas a la propuesta desde el punto de vista de los resultados obtenidos en el aula de clase, así como las posturas instruccionales ambiguas que se generaban en los diversos enfoques frente a la naturaleza del cambio, emerge una propuesta de enseñanza para el cambio conceptual (Hewson y Beeth, 1995) como respuesta al hecho de que la teoría del aprendizaje como cambio conceptual en sí misma, no estaba articulada a una

formulación didáctica, es decir, a unos planteamientos que desde la enseñanza posibilitaran el cambio conceptual.

Según Hewson y Beeth (1995) el modelo del cambio conceptual original es un modelo de aprendizaje, y si bien, un modelo de aprendizaje puede servir como punto de partida para el análisis de un modelo de enseñanza, éste no lo prescribe ni lo configura. Este proceso de análisis, según estos autores, puede llevar a la identificación de unas pautas de enseñanza consistentes con el modelo de aprendizaje y puede servir para cuestionar todo aquello que sea incompatible con él.

Estos investigadores plantean cuatro pautas en la enseñanza para el cambio conceptual en las que se ve claramente la importancia del papel del alumno en la construcción del conocimiento así como la necesidad de que el mismo monitoree sus propios progresos como estrategia claramente metacognitiva.

La primera pauta consiste en que **las ideas de los estudiantes tienen que ser una parte explícita del debate en el aula**. Esto, en el marco de una enseñanza para el cambio conceptual, exige que las ideas u opiniones de todos los integrantes de la clase se pongan en consideración de todo el grupo de una manera inteligible. Es importante que el estudiante valore sus propias ideas y las de sus compañeros, así como las del profesor. De igual manera, y contrario a lo usual, las ideas del estudiante tienen igual status que las del profesor, este principio es un punto de partida en la negociación de las ideas.



Esta pauta rompe con el esquema tradicional en el que el maestro es el depositario del conocimiento y el alumno es el receptor de él y propone que las ideas deben ser asumidas, no bajo el criterio de autoridad (la autoridad del profesor) sino por los estándares mismos que impone la disciplina.

La segunda pauta propone que **el status de las ideas debe ser negociado**. Es decir, después de que sean consideradas las distintas opiniones acerca de un hecho o dato, el alumno debe elegir entre ellas la que le resulte más plausible, en este proceso; él puede mantener su concepción previa, preferir otra opinión distinta o aceptar más de una opinión. Esto conduce a considerar el status de las distintas opiniones en el sentido de que sean más o menos aceptadas por el estudiante.

El proceso de elección de una idea por parte del estudiante está determinado por su ecología conceptual y dada la diversidad de ecologías conceptuales, lo más probable es que haya variedad de elecciones, dicho de otro modo, el status de una idea se corresponde con los compromisos epistemológicos de quien la asume como plausible o aceptable. El profesor debe ser consciente de la importancia que tiene el status de una idea para el alumno como también de los componentes de su ecología conceptual que la sostiene como la más plausible y generar actividades dirigidas a elevar el status de las ideas científicas y rebajar el status de sus preconcepciones en la medida en que éstas no expliquen de manera satisfactoria los hechos o conduzcan a contradicciones.

La tercera pauta propuesta por Hewson y Beeth (1995) consiste en que **la justificación de las ideas tiene que ser un componente explícito del plan de estudios**. Después de que el alumno explicita sus ideas y escucha las ideas de sus compañeros y de su profesor debe hacer una elección entre ellas. Dicha elección, como se dijo arriba, está determinada por los componentes de su ecología conceptual, los cuales deben hacerse explícitos en la justificación de su elección. Estos componentes se pueden caracterizar según estos autores, por las creencias metafísicas y los principios epistemológicos, los cuales direccionan la elección en el sentido de que una idea que contradiga las creencias del estudiante acerca de la naturaleza misma de la cosa o evento (creencia metafísica) será menos plausible y creíble para él. Así mismo, una idea que vaya en contra de sus compromisos epistemológicos (relaciones causales, por ejemplo) tendrá un status bajo. Un ejemplo sobre estos componentes de la ecología conceptual, tomado del trabajo investigativo de Vosniadou (1994) sobre el concepto de calor es el siguiente: En la exploración sobre los modelos mentales sobre el calor, las presuposiciones ontológicas identificadas son: 1) Los objetos tienen propiedades y 2) El calor y el frío son propiedades de los objetos. Así mismo, las presuposiciones epistemológicas que aparecen en la base de los modelos sobre el calor son las de: 1) Las cosas son como parecen ser y 2) Algo “existe” sólo si es detectado a través de los sentidos. Como se aprecia, la explicitación de estos compromisos ontológicos y epistemológicos, entendidos como estructuras teóricas subyacentes en la estructura conceptual de los estudiantes, permite reconocer los argumentos y trabajos experimentales que de manera intencional deben

desarrollarse en la enseñanza para poder generar el cambio en los planos epistemológico y ontológico, pues sólo en la medida en que es confrontada esta estructura teórica subyacente se hace posible un cambio de naturaleza conceptual en el aprendiz.

Finalmente, la cuarta pauta propuesta en una enseñanza para el cambio conceptual considera que **el debate en el aula tiene que ser explícitamente metacognitivo**. El debate que se desarrolla en el aula, en el cual los alumnos comparan y/o contrastan las ideas o teorías, permite que éstos reflexionen acerca de los distintos puntos de vista, esto es, que piensen acerca de sus ideas y la de los demás, y se interroguen acerca de cómo llegaron a ellas. Este proceso lleva implícito procesos metacognitivos, en tanto llegan a preguntarse el por qué piensan ésto o aquello y procesos metaconceptuales, en tanto se preguntan o interrogan acerca de sus propias ideas.

La propuesta de enseñanza esbozada en estas cuatro pautas instauran el ejercicio de una práctica argumental que involucra a todos los miembros de la clase, incluido el profesor. A nuestro parecer, este espacio de discusión permite evidenciar tanto los compromisos epistemológicos como las creencias metafísicas de los estudiantes, así como también concebir el conocimiento científico como una construcción de explicaciones acerca del mundo y no como un conjunto de ideas verdaderas y acabadas.

Además de las cuatro pautas, estos autores destacan la relevancia de tres factores, asociados a una enseñanza para el cambio conceptual: el profesor, el alumno y el ambiente de la clase.

Con respecto al profesor sugieren que éste debe servir de "allanador" o guía en el camino que conduzca al alumno a experimentar el cambio conceptual. Este precisa el establecimiento de los contextos apropiados para las actividades de aula, tales como la elección de problemas que tengan relevancia y sentido para los estudiantes, así como la exploración de todas las distintas ideas con el fin de ayudarlos a comprenderlas y aplicarlas.

De otra parte, el profesor debe asumir una posición tal, que él mismo, sea uno más entre todos los participantes que debaten sobre un tópico determinado, esto es, el profesor debe evitar hacer uso de su autoridad para zanjar una disputa y por el contrario, ser un animador activo de la discusión proponiendo ideas novedosas y estimulando a los estudiantes a proponer las suyas. De esta manera, el papel del profesor se aleja de la del "transmisor del conocimiento" y por el contrario, se acerca a la de un participante dentro de una comunidad que busca respuestas a los problemas y hechos planteados.

El segundo factor importante considerado en una enseñanza para el cambio conceptual tiene que ver con el alumno. En este modelo de enseñanza el alumno tiene que estar convencido de que su objetivo de aprendizaje, es entender el tema tratado, de tal manera que pueda interiorizarlo. Por ello es necesario que acepte la

responsabilidad de asumir su propio aprendizaje buscando a conciencia la justificación de sus ideas, al tiempo que escucha con atención los diferentes puntos de vista para que, llegado al caso, cambie sus ideas por otras más convincentes.

Finalmente, el clima en el aula constituye el último factor relevante en una enseñanza para el cambio conceptual. Este depende de qué tanto, profesores como alumnos, estén dispuestos a escuchar atentamente las ideas de los demás sin que ninguno sienta miedo de expresarse. En la construcción del ambiente de la clase deben establecerse reglas que impidan que en la discusión de las ideas, sus miembros se vean sometidos al ridículo o discriminados por sus opiniones.

### **3.3 La argumentación.**

#### **3.3.1 La naturaleza de la construcción social del conocimiento científico.**

Investigaciones realizadas en las últimas dos décadas, han mostrado que, al interior del sistema educativo colombiano, la creencia más extendida acerca de la naturaleza de la ciencia es aquella que la ve como el resultado de la observación y la experimentación meticulosa de la misma (Segura y otros, 1995; Erazo, 1999; Reyes y otros, 1999)

Estas tendencias empiro-positivistas en la consideración de la naturaleza del conocimiento científico han sido detectadas en estudios extensos realizados en otros países (Martínez y otros, 1993; Rodrigo, 1993; Stofflet, 1994; Fernández y Elortegui, 1996; Mellado, 1996; García y otros, 1998; Porlán y otros, 1998).

Sin embargo, los desarrollos recientes en epistemología y sociología de la ciencia han mostrado, que la construcción del conocimiento científico no se hace únicamente con base en la observación y la experimentación sino que es el resultado, en gran medida, de procesos discursivos que obedecen a esquemas de argumentación (Kuhn, 1985; Lakatos, 1998; Wolpert, 1994). En efecto, Kuhn en su ensayo acerca de las revoluciones científicas afirma que:

Para descubrir cómo se llevan a cabo las revoluciones científicas, tendremos, por consiguiente, que examinar no sólo el efecto de la naturaleza y la lógica, sino también las técnicas de argumentación persuasiva, efectivas dentro de los grupos muy especiales que constituyen la comunidad de científicos. (Kuhn 1985, 152-153)

Para Kuhn, la ciencia no se construye solamente a partir de la experiencia y la observación sino que también considera aspectos subjetivos del científico como sus creencias, afectos y su contexto sociocultural.

La observación y la experiencia pueden y deben limitar drásticamente la gama de las creencias científicas admisibles, o, de lo contrario no habría ciencia pero, por sí solas, no pueden determinar un cuerpo particular de tales creencias. Un elemento, aparentemente arbitrario, compuesto de incidentes personales e históricos, es siempre uno de los ingredientes de

formación de las creencias sostenidas por una comunidad científica dada, en un momento dado. (Kuhn 1985, 25)

Así mismo, Imre Lakatos, apoyado en la teoría de la refutación Popperiana, afirma que:

Hoy es posible demostrar con facilidad que no se puede derivar válidamente una ley de la naturaleza a partir de un número finito de hechos, pero la realidad es que aun podemos leer las afirmaciones en el sentido de que las teorías científicas son probadas por los hechos. ¿A qué se debe esa obstinada oposición a la lógica elemental? (Lakatos 1998, 11)

Lakatos presenta a la ciencia como el campo de batalla en el cual se enfrentan, no solo teorías explicativas rivales sino lo que él llamó programas de investigación.

Después de hacer una fuerte crítica a la tesis de Kuhn, según la cual las revoluciones científicas se realizaban en periodos de tiempo relativamente cortos y con cambios conceptuales abruptos, procede a demostrar que la ciencia se construye al interior de las confrontaciones entre programas de investigación. La mecánica Newtoniana, por ejemplo, constituye un programa de investigación cuyo <<núcleo firme>> está contenido en las tres leyes del movimiento y la ley de la gravitación, rodeado por un <<cinturón de seguridad>> creado por los defensores del programa, con el objetivo de <<proteger>> de los ataques o refutaciones al <<núcleo firme>>.

Para Lakatos, la confrontación entre programas de investigación científica presenta solo vencedores y vencidos provisionales ya que nunca la confrontación se dirime de manera absolutamente concluyente.

...El científico debe comprender que aunque su adversario haya quedado muy rezagado, aún puede protagonizar una contraofensiva. Las ventajas con que cuenta una de las partes nunca puede considerarse como absolutamente concluyente. Nunca hay algo inevitable en el triunfo de un programa. Tampoco hay nunca algo inevitable en su derrota. Por ello la terquedad, como la modestia, tienen funciones más <<racionales>>. Sin embargo, las puntuaciones de los bandos rivales deben ser anotadas y expuestas al público en todo momento. (Lakatos 1998, 148)

Otro de los rasgos sobresalientes frente a la naturaleza del conocimiento científico es el hecho de que las confrontaciones entre los programas de investigación sean abiertas, es decir, el debate se lleva a cabo a través de medios como las revistas especializadas, conferencias, congresos etc. Y si bien, los mecanismos para elegir uno de ellos están impregnados por aspectos socioculturales, también es cierto que dicha elección tiene como referente principal la correspondencia de las afirmaciones con los contenidos empíricos. Es más, el criterio fundamental, según Lakatos, para que un programa de investigación sea progresivo es que su contenido teórico vaya adelante del contenido empírico, esto es, que sea capaz de predecir hechos nuevos. Cuando el contenido empírico se adelanta al contenido teórico el programa de investigación entra en una fase regresiva.



La objetividad científica, como uno de los símbolos de la cultura científica, es cuestionada en tanto entran en juego aspectos puramente subjetivos en la construcción del conocimiento científico. El deseo de alcanzar el reconocimiento de los demás científicos suele ser uno de los factores que más los impulsan a desarrollar sus teorías y ponerlas a consideración de todos sus colegas.

La objetividad como algo distinto de la subjetividad es un medio convencional para definir el pensamiento científico. Es importante, y de hecho esencial, separar las pruebas de la teoría así como estudiar objetivamente una teoría para reconocerla como algo que existe por derecho propio. Pero la idea de objetividad científica tiene sólo un valor limitado, pues la forma en que se generan las ideas científicas puede ser sumamente subjetiva, y los científicos suelen defender vigorosamente sus puntos de vista (Wolpert 1994, 17)

En defensa de sus teorías, los científicos hacen uso de todos los medios persuasivos posibles, desde el despliegue de las artes retóricas en las charlas, conferencias y exposiciones a la comunidad científica en general, hasta el tratar de convencer a científicos en particular, a través de las interacciones sociales que se dan entre ellos: fiestas, reuniones sociales o reuniones informales.

Para el científico es muy importante el reconocimiento de sus colegas y pueden llegar, incluso, a poner de su parte los resultados experimentales publicando solo aquellos que confirman las predicciones de su teoría. Algo semejante sucedió con Robert Millikan cuando trataba de determinar la carga eléctrica de un electrón.

Millikan, Según el físico Gerald Holton (citado por Wolpert, 1994), tenía desde el principio un valor predeterminado para la carga del electrón y todos los experimentos que realizaba sólo buscaba corroborar este valor. Millikan ponía en juego su prestigio personal y ésto lo hacía no desde una postura desapasionada sino por el contrario, comprometida, al punto de introducir en el experimento sus deseos y creencias más personales. En palabras de Wolpert: "Mas sutil es el deseo de un científico de "adaptar" los resultados para apoyar un determinado punto de vista... Millikan fue sumamente selectivo sobre que resultados publicar en relación con su medición de la carga del electrón" (Wolpert 1994, 88)

Pascal mismo, en su tratado del vacío se previene de los que podrían aprovechar sus experimentos y dar a conocer aquello de lo cual él era el creador.

...Porque habiendo efectuado estos experimentos con muchos gastos, mucho esfuerzo y mucho tiempo, he temido que alguien que no hubiese empleado en ellos ni tiempo, ni dinero, ni esfuerzo, se anticipase a mí y diera a conocer al público cosas que no habría visto, las cuales, por consiguiente, no podrían exponer con la exactitud y el orden necesarios para desarrollarlas como es debido, pues no ha habido nadie que haya tenido tubos y sifones de la longitud de los míos, y pocos que hayan querido tomarse las molestias necesarias para obtenerlos. (Pascal 1981, 732-733)

Esto nos conduce a un aspecto esencial en el conocimiento científico y al que poco cuidado se le pone cuando estudiamos los resultados de la ciencia. Los científicos son hombres de carne y hueso y su tan apreciada objetividad es solo

una manera de describir una actividad que resulta ser mucho más compleja de lo que parece. El hombre que hace ciencia no está libre de sentir las mismas pasiones humanas y defiende sus teorías con toda la fuerza de que es capaz haciendo uso de toda su capacidad persuasiva, tratando de convencer a la comunidad científica de la validez de sus ideas ya que al fin y al cabo son sus creaciones y prefiere buscar hipótesis *ad hoc* que las salven antes de abdicar en favor de la teoría rival.

Sin embargo, y a pesar de que en la construcción del conocimiento científico cobra especial relevancia la capacidad persuasiva de los científicos para hacer valer sus ideas, es necesario tener en cuenta que una teoría científica (programa de investigación, según Lakatos) cobra este carácter cuando es aceptada por la comunidad científica en general después de que haya rendido buenos frutos en la confrontación con los hechos, es decir, que su contenido empírico vaya en aumento.

Para ello se requiere llegar a consensos o acuerdos respecto a los alcances de la teoría. Estos acuerdos son posibles en tanto existen, al interior de las comunidades científicas, unas normas de comportamiento aceptadas por todos los que participan de esta comunidad. Aspectos tales como: presentar los materiales y procedimientos de una experiencia crucial y dar a conocer los resultados obtenidos y la metodología empleada se tienen como fundamentales para poder aceptar la validez de una idea. En efecto.

Dejando a un lado la cuestión de si los científicos son mas objetivos, mas racionales, o mas lógicos, etc. Los científicos han desarrollado un procedimiento en el que existen la libre discusión, normas aceptadas de comportamiento y un medio de asegurarse que, a la larga, triunfara la verdad (Wolpert 1994, 119)

### **3.3.2 La argumentación y la explicación.**

Desde los trabajos de Stephens Toulmin y de Perelman - Tyteka en 1958, acerca de la argumentación, en Inglaterra y Francia respectivamente, ha venido cobrando fuerza la importancia de las prácticas argumentativas en la construcción del conocimiento en general y del conocimiento científico en particular.

Algunos autores han teorizado acerca de la argumentación desde diferentes puntos de vista. Unos, más desde lo formal, han descrito las maneras correctas de presentar textos argumentativos. Weston (1999), Por ejemplo, habla de los distintos tipos de argumento. Entre ellos cita: la argumentación con ejemplos, los argumentos de autoridad y los argumentos deductivos. De estos últimos, considera que los correctamente formulados son aquellos en los cuales la verdad de sus premisas garantizan la verdad de sus conclusiones; aun cuando las premisas sean inciertas, las formas deductivas ofrecen una manera efectiva de organizar un argumento en el cual se pueden recurrir a reglas tales como:

- *Modus ponens.*
- *Modus tollens.*
- Silogismo hipotético.

- Silogismo disyuntivo.
- Dilema constructivo.
- Reducción al absurdo.
- Argumentos deductivos en varios pasos.

Otros, más desde la estructura misma de la argumentación han coincidido en que existen dos formas bien diferenciadas de argumentos: los argumentos analíticos, propios de la lógica formal, llamados también argumentos constriñentes y los argumentos para el acuerdo, llamados por Toulmin, argumentos sustanciales.

Entre los últimos podemos citar a Duval (1999), quien plantea que existe una relación entre argumentación y justificación en las cuales hay que separar dos operaciones: las de producción de razones y las de la aceptabilidad del argumento, la primera se refiere a razones del tipo *por qué*; que pueden ser de *dicto*, por ejemplo, *¿por qué afirmas que...?*, *¿Por qué respondes que...?* Este tipo de preguntas requieren de un argumento, y las de tipo *re* que utilizan preguntas como: *¿por qué se produce este fenómeno?*, y que requieren de una explicación.

En cuanto a la aceptabilidad del argumento Duval plantea que se deben cumplir los criterios de pertinencia y de fuerza. La pertinencia le da marcada relevancia a los contenidos semánticos, y la fuerza depende del hecho de que ningún otro argumento se le pueda oponer además de que tenga un valor epistémico positivo en la medida que este sea evidente, necesario y auténtico.

Para Duval, existe una distancia cognitiva entre la demostración y la argumentación. La primera, requiere una explicación y constituye una forma de razonamiento formalmente válido propio de los sistemas deductivos, su dominio es el de la lógica formal. Contrario a esto, la argumentación no obedece a vínculos de validez sino a criterios de pertinencia y su dominio es el de la lógica informal. En la primera se busca la verdad y en la segunda el convencimiento de los demás o de uno mismo.

Para Perelman-Tyteca, según Monsalve (1992), los argumentos basados o contruidos sobre axiomas, son de naturaleza constriñente. En ellos, el auditorio se ve abocado a aceptar la verdad después de que se han demostrado la verdad de las premisas. En esta forma de argumentación la verdad adquiere un carácter de necesaria y no puede ser puesta en duda de ninguna manera por nadie del auditorio.

Contrario a esto, lo que ocurre en un argumento para el acuerdo, en el cual se pueden inferir consecuencias verdaderas de premisas falsas, es una interacción a través del diálogo que pretende persuadir al interlocutor tratando de ilustrar todos los puntos que convienen al acuerdo. La verdad, en este tipo de argumentación, se alcanza con un acuerdo intersubjetivo entre los integrantes de una comunidad científica.

Para Perelman y Olbrechts- Tyteca la verdad es un acuerdo unánime de un auditorio. No se trata, entonces, de una verdad objetiva que se impone

a cualquier individuo, sino más bien de una tesis que goza de la aceptación indiscutida de un auditorio universal (Monsalve 1992, 47)

Toulmin, al igual que Perelman- Tyteka, proponen que este tipo de argumento tiene su dominio en la lógica informal y en este sentido es diferente al que hace uso de los sistemas axiomáticos. Su naturaleza tiene que ver más con lo convincente que puede llevar al consenso en la interacción dialógica, a diferencia del argumento

construido sobre sistemas axiomáticos que intenta llegar a la demostración de lo que se afirma. Estos autores centran su trabajo en los argumentos cuyo dominio es el de la lógica informal.

Es así que en la argumentación que se da entre dos o más personas precisa desembocar en un acuerdo que configura una verdad por consenso. Este acuerdo o verdad consensuada le permite al grupo o a la persona seguir un curso de acción pero no sin antes haber agotado todas las posibles soluciones al problema y haber examinado la viabilidad de cada una. Esto requiere de los dialogantes una actitud abierta y que estén dispuestos a llevar hasta sus últimas consecuencias las afirmaciones que se hacen y buscar el acuerdo.

...De ahí que si se llegase a un acuerdo, supuesta la recta intención de los dialogantes, este no se basaría ni en la ignorancia -pues en el transcurso del dialogo ha sido posible ilustrar los puntos de vista ni en la excitación

de otras pasiones diferentes a la búsqueda de la verdad" (Monsalve 1992, 26)

Toulmin plantea que la ciencia se ha construido con base en un criterio de "verdad de la correspondencia". "Según la teoría de la "verdad de la correspondencia", decir que una proposición es verdadera es decir que se corresponde con los hechos..." (Toulmin 1979, 93). Desde esta perspectiva, considera Toulmin que las frases que intentan dar una descripción del mundo pueden descomponerse en un número finito de elementos.

Hay algunas frases que podemos describir con viveza casi literal como "correspondientes a" o incluso como "que dan un retrato de" las características del mundo que describen. Las frases de este tipo (podemos decir) tienen una "estructura", es decir, la frase puede descomponerse en un número de elementos; cada uno de estos elementos "se refieren" a algo del mundo... (Toulmin 1979, 93)

### **3.3.3 Esquema de Argumentación de Toulmin**

Toulmin plantea en 1958 que todas las afirmaciones que se hacen acerca del mundo son susceptibles de encajar en un esquema simple que contiene seis aspectos claves: datos, afirmaciones, principios o leyes, fundamentos, refutaciones y calificadores modales. Este esquema da cuenta del proceso mediante el cual se llega de los datos a las afirmaciones de conocimiento.



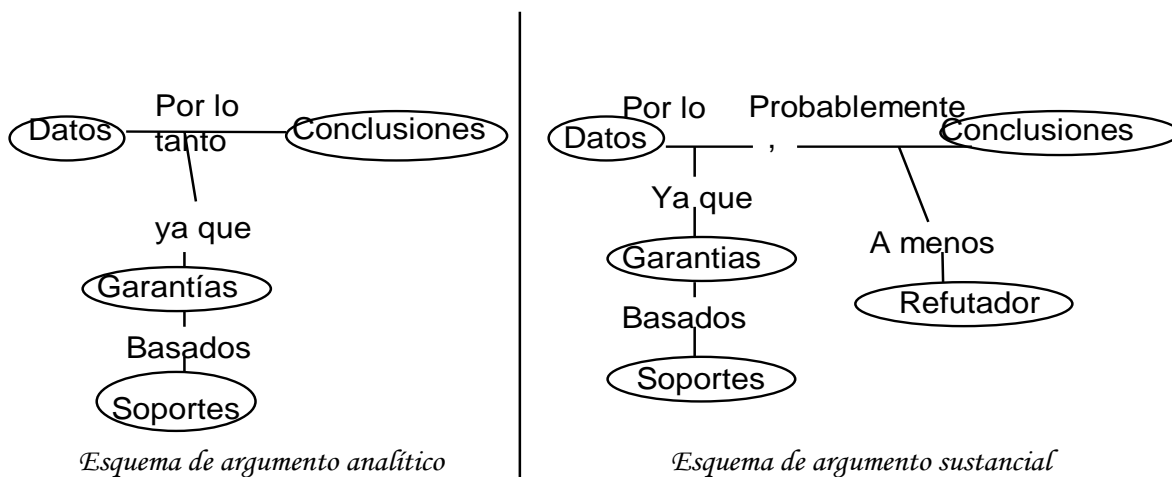
Este esquema o patrón de argumentación, según Toulmin, puede ser usado indistintamente en todos los campos disciplinares, desde la jurisprudencia hasta las ciencias experimentales ya que resume el proceso desde el cual se llega de los datos a las afirmaciones de conocimiento. Nuestro interés es usarlo como patrón de análisis de los modos argumentativos que usan los científicos cuando presentan sus ideas. En particular, en el análisis de los argumentos alrededor del concepto de vacío, que a mediados del siglo XVII, sostuvieron, en una breve relación epistolar, Blaise Pascal y el Reverendo Padre Jesuita Noël.

En su libro "the uses of argument", de 1958, Toulmin compara el argumento con un organismo diciendo del primero que, igual que el segundo, tiene una estructura anatómica gruesa y una estructura fisiológica fina. La primera la forman las unidades estructurales del argumento, sus órganos: los datos, las justificaciones, las garantías y sus sostenes o principios. La segunda se revela en el funcionamiento e interrelación entre todos estos órganos cuando se pone en duda la relevancia de las conexiones entre los datos y las conclusiones, esto es, cuando se duda de la fuerza de las razones o garantías de inferencia y se presentan refutaciones a ellas. La consistencia entre todos los órganos del argumento, en el contexto en el que es elaborado, es lo que le da su grado de validez.

Toulmin en su crítica al argumento silogístico de Aristóteles, propone un patrón de análisis más amplio en tanto asegura, que el silogismo es ambiguo para dar cuenta del paso de los datos a las conclusiones. En sus planteamientos separa

dos aspectos distintos del argumento: los argumentos cuyas premisas son del tipo "todos los A son B" o "ningún A es B", cuyo dominio obedece a la lógica - matemática y los argumentos cuyas premisas son del tipo "algunos A son B", "casi todos los A son B", "unos pocos A son B", propias del dominio de la lógica informal y del razonamiento práctico.

De esta manera, Toulmin considera que existen dos tipos de argumentos: el argumento analítico y el argumento sustancial. En el primero, las conclusiones ya están implícitas en los datos y en las garantías, esto es, se va de los datos directamente a las conclusiones; en el segundo las conclusiones no aparecen implícitamente en los datos y las garantías y para llegar de los datos a las conclusiones aparece un adverbio modal como: *presumiblemente* o *probablemente*, que califica las garantías. En el argumento analítico el criterio de validez es universal, en el sustancial es dependiente del campo de argumentación en que se dé la polémica.



Un ejemplo del primer tipo de argumentación lo constituye el razonamiento de Grosseteste, quien usa la estructura *modus tollens* para refutar la hipótesis de que el calor del sol no procede por conducción.

- ***Si el sol genera calor por conducción, entonces la materia celeste adyacente se calienta.***
- ***Pero la materia celeste adyacente es inmutable y no sufre cambios de cualidad.***
- ***Por lo tanto, el sol no genera calor por conducción*** (Losee 1976, 46)

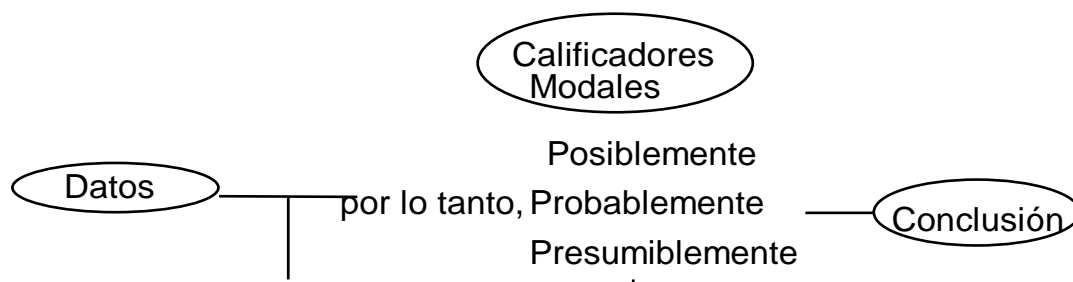
En este silogismo aparece implícita la conclusión en las dos premisas.

El razonamiento práctico tiene una estructura mucho más compleja que el silogismo Aristotélico ya que permite diferenciar entre las justificaciones o garantías y los sostenes o principios que les dan la fuerza.

En este esquema cada una de sus partes es descrita como:

- ***Datos:*** son los hechos, sucesos, eventos que impresionan los sentidos.
- ***Conclusiones:*** son las afirmaciones de conocimiento que se hacen en virtud de una interpretación de los datos. Se llega a ellas a través del uso de expresiones como <<por lo tanto>> o <<por consiguiente>>

- *Garantías*: son las reglas, leyes o principios físicos que permiten inferir las conclusiones. Se acude a ellas a través de expresiones como: <<a causa de>> o <<debido a>>.
- *Soportes o principios*: Se refieren a los fundamentos o bases en las que se sostienen las garantías de inferencia. Se conecta al discurso argumental con expresiones como <<teniendo en cuenta que>> o <<fundamentados en>> y constituyen el sustrato de las creencias epistemológicas y ontológicas de la ecología conceptual.
- *Calificadores modales*: Le confieren la fuerza a las garantías. Expresiones como: <<probablemente>> o <<presumiblemente>>, cuando son seguidas de las conclusiones, le asignan una cierta probabilidad a las garantías y por ende permiten dudar de ellas y ponerlas en entredicho con un contraargumento o refutación.
- *Refutadores*: Son aquellas expresiones que ponen en duda las conclusiones refutando las garantías a través del uso de expresiones como: <<a menos que>> o <<excepto que>> y presentando casos excepcionales que no son explicados por ellas.



En su trabajo "*the uses of argument*" 1958, Toulmin afirma que el conocimiento como "empresa racional en evolución" (Porlán, 1998) se alcanza de dos modos diferentes: por un razonamiento analítico o por un razonamiento sustancial o práctico. Considera así mismo que el argumento práctico, entendido como ese proceso por el cual se va de los datos a las afirmaciones, es mucho más complejo que el analítico dado que los criterios de validez del primero son contextuales y los del segundo son universales. En el primero la verdad es por consenso; en el segundo, por unanimidad.

Si bien la física en su desarrollo histórico epistemológico ha hecho uso de ambos modos argumentales, su construcción como disciplina obedece mas a un

esquema de razonamiento práctico. La física Cartesiana, por ejemplo, esta construida sobre un conjunto de axiomas o leyes<sup>2</sup> que regulan el comportamiento del mundo; la física Newtoniana tiene un fuerte carácter axiomático pero ambos apelan a unos compromisos de fondo, compromisos que tiene que ver con las presunciones básicas acerca del mundo, acerca de su estructura y su carácter ontológico. Este aspecto es lo que Toulmin llama soportes o fundamentos que sostienen una teoría, ley o principio particular y constituyen, de acuerdo a los trabajos de Chi, Slotta y de Leeuw (Pozo y Crespo, 1998), lo que verdaderamente cambia, en el cambio conceptual.

El uso de un esquema de argumentación en la clase de ciencia puede ser enfocado desde diversas perspectivas; a partir del desarrollo de experiencias problemáticas (Duschl, 1999), enfrentando métodos o tecnologías diferentes (Sardá, 2000) o analizando, desde una perspectiva historico-epistemológica, las controversias y polémicas de los científicos defendiendo sus teorías. Esto último constituye la pretensión de este trabajo, partiendo del análisis de la correspondencia, que respecto al concepto de vacío, mantuvieron el Padre Noël y Pascal.

Por otra parte, la negociación del status de los presupuestos o soportes que sostienen las garantías o justificaciones sólo es posible hacerla en la medida en que éstos se hagan explícitos y consideramos que la argumentación y en

---

<sup>2</sup> Descartes deriva del principio de conservación del movimiento, de carácter metafísico, sus cuatro leyes del movimiento. (Losee, 1976)

particular el manejo y uso de un esquema como el de Toulmin en la enseñanza de la física, puede llegar a constituir una pauta metodológica importante en una enseñanza para el cambio conceptual. Esto es posible en la medida que ayuda a explicitar los fundamentos o soportes que sostienen una teoría en particular y hacer más evidente con ello que la ciencia es una construcción de explicaciones acerca del mundo.

En la polémica entre el Padre Noël y Blaise Pascal, respecto a la existencia del vacío, se deja ver una rigurosa técnica de argumentación, con el fin de restarle o darle fuerza (status) a las afirmaciones de cada uno de ellos sobre el tema en cuestión. Cada uno hace gala de una fina retórica para defender sus ideas que, en el contexto de esta polémica, no sólo eran de carácter físico sino que alcanzaban a ser de carácter metafísico. Esta técnica constituye un elemento fundamental de la construcción del conocimiento al interior de las comunidades científicas y es la que permite que en dichas comunidades se logren acuerdos o consensos.

De esta manera, queremos ilustrar el uso del modelo de argumentación de Toulmin a través del análisis de la correspondencia entre el Padre Noël y Pascal sobre el concepto de vacío, con la pretensión de explicitar los argumentos de cada uno de ellos en términos del modelo y ejemplificar así, un posible uso del mismo como aporte metodológico a una enseñanza para el cambio conceptual.

Finalmente, el concepto de vacío, que no queda resuelto definitivamente en esta polémica, presenta muchas dificultades a los alumnos para ser asumido ya que estudios han mostrado que gran parte de las teorías alternativas asumen la materia como un ente continuo (Gómez Crespo y Pozo, 2000) y vemos como un importante aporte a la enseñanza de la física el tratar, sino de remover, al menos de explicitar desde una postura histórica- epistemológica, dichas dificultades. Esto puede ser posible a la luz de la polémica entre estos dos personajes del siglo XVII,

enmarcada en el patrón argumental de Toulmin y con la pretensión de explicitar los fundamentos epistemológicos y ontológicos que subyacen al concepto de vacío.

Finalmente, consideramos que la argumentación, entendida como la teoría general del discurso persuasivo, llevada al aula con la ayuda de un esquema como el que plantea Toulmin, puede ayudar a diferenciar, dentro de las ideas científicas, su carácter orgánico en tanto permite separar los datos de las afirmaciones y éstas de las garantías o justificaciones. Así mismo, reconocer que una teoría es susceptible de refutaciones y, quizás lo más sustancial, los principios ontológicos y epistemológicos que son los que, en última instancia, cambian en el cambio conceptual.

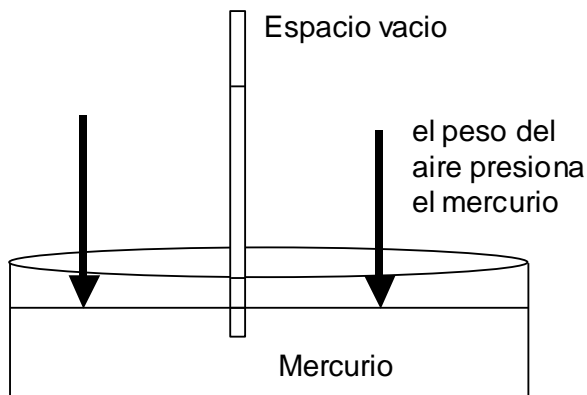




## **4. PROPUESTA DE APLICACIÓN DEL MODELO ARGUMENTAL DE TOULMIN Y SUS CONTRIBUCIONES A UNA ENSEÑANZA PARA EL CAMBIO CONCEPTUAL**

### **4.3 El experimento de Torricelli.**

En 1643, Evangelista Torricelli, realizó uno de los experimentos cruciales para el derrumbe de la física aristotélica. El italiano tomó un tubo de vidrio de casi un metro de longitud cerrado en uno de sus extremos y lo llenó de mercurio, tapó el extremo abierto y lo invirtió rápidamente sumergiéndolo en un recipiente que también contenía mercurio, al estar en posición vertical lo destapó y observó que la columna líquida bajaba hasta tener una altura de casi 76 centímetros respecto al nivel del recipiente. Este hecho fue explicado por él, en términos de que la presión atmosférica, al actuar sobre la superficie del líquido del recipiente, lograba equilibrar el peso de la columna de mercurio y que el espacio que abandonaba el mercurio al interior del tubo estaba efectivamente "vacío", pues si se hiciera un orificio en esta parte a fin de permitir la entrada de aire, entonces la columna descendería hasta nivelarse con el mercurio del recipiente.



Para explicar este hecho, Torricelli acudió a la imagen de un "mar de aire" en el cual estamos sumergidos y que el peso de este aire<sup>3</sup> era el responsable de que el mercurio sólo bajara una cierta cantidad.

Dicho experimento lo realizó, a petición de Blaise Pascal, Florin Perier en el monte PUY DE DOME comprobando que, a medida que ascendía a mayores alturas, la columna de mercurio disminuía su altura, concluyendo finalmente que, a mayor altitud, la columna de aire encima se hacía mas pequeña y por lo tanto el peso sobre la columna de mercurio era también menor.

El objeto de la polémica entre el Padre Jesuita Noel y Blaise Pascal en este Experimento fue "eso" que existía arriba del mercurio al interior del tubo. Este espacio, que para Pascal estaba efectivamente vacío y que para el Padre Noel estaba lleno de una sustancia sutil, es el punto de partida de esta propuesta que

---

<sup>3</sup> Galileo, maestro de Torricelli, ya había probado que el aire tenía peso con ayuda de una ampolla de vidrio la cual pesó en condiciones normales y agregándole luego aire a presión

busca articular el esquema argumental de Toulmin a la enseñanza para el cambio conceptual, en el campo de la enseñanza de la física.

#### **4.2 Aplicación del modelo argumental de Toulmin a la controversia entre el Padre Jesuita Noël y Blaise Pascal sobre la existencia del vacío.**

A mediados del siglo XVII se encontraba en pleno furor la controversia respecto al vacío entre dos concepciones de mundo diametralmente opuestas: Las plenistas y las no plenistas (Bautista y Rodríguez, 1997). Los primeros, siguiendo el pensamiento cartesiano, consideraban que el espacio y la materia eran una sola entidad y que no se podía concebir por ello la existencia de un espacio vacío. Los segundos, inspirados en el experimento de Torricelli, argumentaban a favor de que el espacio que abandonaba el mercurio estaba, efectivamente vacío.

Blaise Pascal personifica, en esta contienda, a los segundos mientras que el reverendo Padre Jesuita Noël, encarna a los primeros. La controversia se ubica en el contexto de una breve relación epistolar entre estos dos personajes.

Pascal retoma el experimento de Torricelli y diseña otros más que explica en su "*Tratado sobre el vacío*", escrito entre 1649 y 1654. En este tratado, Pascal afirma que, si bien la máxima aristotélica, respecto a que la naturaleza aborrece el vacío, es cierta, no lo es menos que el vacío puede ser provocado y además con

---

(Hecht, 1987).

"una fuerza equivalente a aquella con la que el agua tiende a descender desde una altura de 31 pies, aproximadamente" (Pascal, 1981; 738).

El resumen del tratado lo condensa Pascal en unas reglas o máximas que constituyen las afirmaciones de conocimiento respecto a un dato en particular (El experimento de Torricelli) para afirmar con ellas la existencia de un espacio vacío.

- Que todos los cuerpos sienten repugnancia a separarse unos de otros y a tolerar el vacío en su intervalo, es decir que la naturaleza odia el vacío.
- Que ese horror o repugnancia que tienen todos los cuerpos no es mayor para admitir un gran vacío que uno pequeño, es decir para separar un gran intervalo que uno pequeño.
- Que la fuerza de ese horror es limitada e igual a aquella con la que el agua, a una cierta altura, que es aproximadamente de treinta y un pies, tiende a descender.
- Que los cuerpos que rodean ese vacío tienen tendencia a llenarlo.
- Que esta tendencia no es más fuerte para llenar un gran vacío que uno pequeño.
- Que la fuerza de esta tendencia es limitada y siempre igual a aquella con la que el agua, desde una cierta altura, que es aproximadamente de treinta y un pies, tiende a descender.
- Que una fuerza más grande, aunque sea en una proporción todo lo pequeña que se quiera, que aquella con la que el agua, con una altura de treinta y un pies, tiende a descender, basta para hacer aceptar un vacío, incluso todo lo grande que queramos: Es decir, hacer que se separen los cuerpos un intervalo todo lo grande que se quiera; con tal de que no haya más obstáculo a su separación ni a su alejamiento que el horror que la naturaleza tiene del vacío. (Pascal, 1981; 738-739)

Pascal mismo presenta las objeciones o refutaciones que podrían hacerle sus

oposidores con el fin de ser ellas mismas refutadas en su tratado por la fuerza de los razonamientos aplicados a la experiencia de Torricelli.

- Que la proposición de que un espacio está vacío repugna al sentido común.
- Que la proposición de que la naturaleza odia el vacío y que sin embargo lo admite la acusa de impotencia e implica contradicción.
- Que varios experimentos, incluso diarios, demuestran que la naturaleza no puede soportar el vacío.
- Que una materia imperceptible, ignorada y desconocida de todos los sentidos llena el vacío.
- Que siendo la luz un accidente o una sustancia, no es posible que se sostenga en el vacío si es un accidente, y que llene el espacio vacío en apariencia si es una sustancia. (Pascal, 1981; 739).

En el ambiente que rodeó la controversia entre Pascal y el R. P. Noël a través de sus cartas (dos de Noël y una de Pascal) se presentaron personajes influyentes de la época como el padre Mersenne y Descartes, de los cuales, particularmente del segundo, se retomaron algunas de sus ideas sin apenas dar su nombre o explicitarlo en la discusión, excepto una vez por el padre Noël y en un contexto muy significativo: el de la materia sutil o éter. En efecto, para sustentar la idea de que el <<aire vulgar>> está compuesto de partículas ígneas, el padre aduce en su segunda carta, citando a Descartes.

...Que si los fuegos de nuestras chimeneas llenan de espíritus ígneos el aire en torno, el sol, que quema por refracciones y reflexiones, podrá esparcir sus espíritus solares por todo el aire del mundo y por consiguiente que haya fuego en él, que el señor Descartes llama <<pequeña materia>> (Pascal, 1981; 756).

El padre Noël, jesuita convencido de las ideas cartesianas del espacio como extensión, retoma las objeciones y las reglas del tratado y en una carta dirigida a Pascal, rechaza su idea de que el espacio dejado por el mercurio en el tubo esté vacío y seguidamente presenta las razones o argumentos que lo hacen concluir que en dicho espacio hay una sustancia o cuerpo.

Digo que es un cuerpo, puesto que tiene las cualidades de un cuerpo, que transmite la luz con refracciones y reflexiones, que produce retraso en otro cuerpo, tal como podemos observar en el descenso del mercurio cuando el tubo lleno de ese vacío en su parte alta es invertido; es pues un cuerpo que ocupa el lugar del mercurio. Ahora tenemos que ver que cuerpo es (Pascal, 1981; 740).

En esta parte y diferenciando en este fragmento aquello que constituye cada uno de los elementos del patrón de Toulmin, podemos señalar:

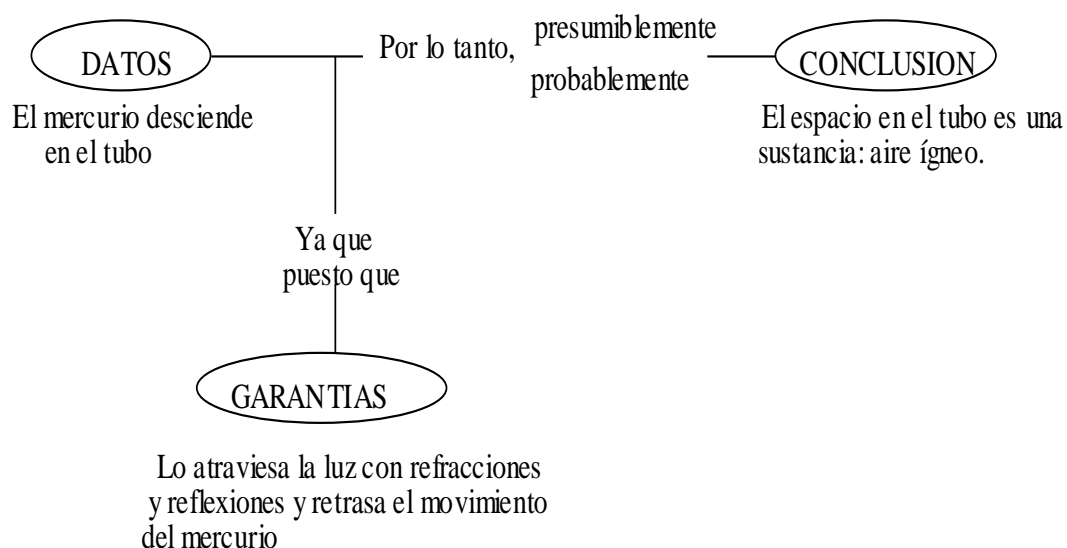
*Datos:* El descenso del mercurio en el tubo cuando se invierte estando lleno.

*Conclusiones:* El espacio que deja el mercurio esta ocupado por una sustancia, aire ígneo.

*Justificaciones o garantías:* Transmite la luz con reflexiones y refracciones y retrasa el movimiento de otro cuerpo.

En esta parte del desarrollo discursivo del padre ya se dibujan los tres primeros componentes según el esquema de Toulmin. En realidad el padre Noël lo que hace es poner en consideración, inmediatamente, que el hecho de que el mercurio descienda, (dato) implica una conclusión insoslayable: la sustancia que ocupa el lugar dejado por el mercurio es *aire ígneo* y, seguidamente, pasa a exponer sus razones o garantías de inferencia.

Hasta este momento y siguiendo el hilo discursivo del Padre Noël, podríamos esquematizar nuestros avances con la ayuda del patrón de Toulmin como sigue:



No satisfecho con esto, el padre Noël introduce una analogía que tiene por finalidad establecer una garantía más de su hilo argumental, esto es, la composición de la materia en los cuatro elementos: tierra, fuego, aire y agua.

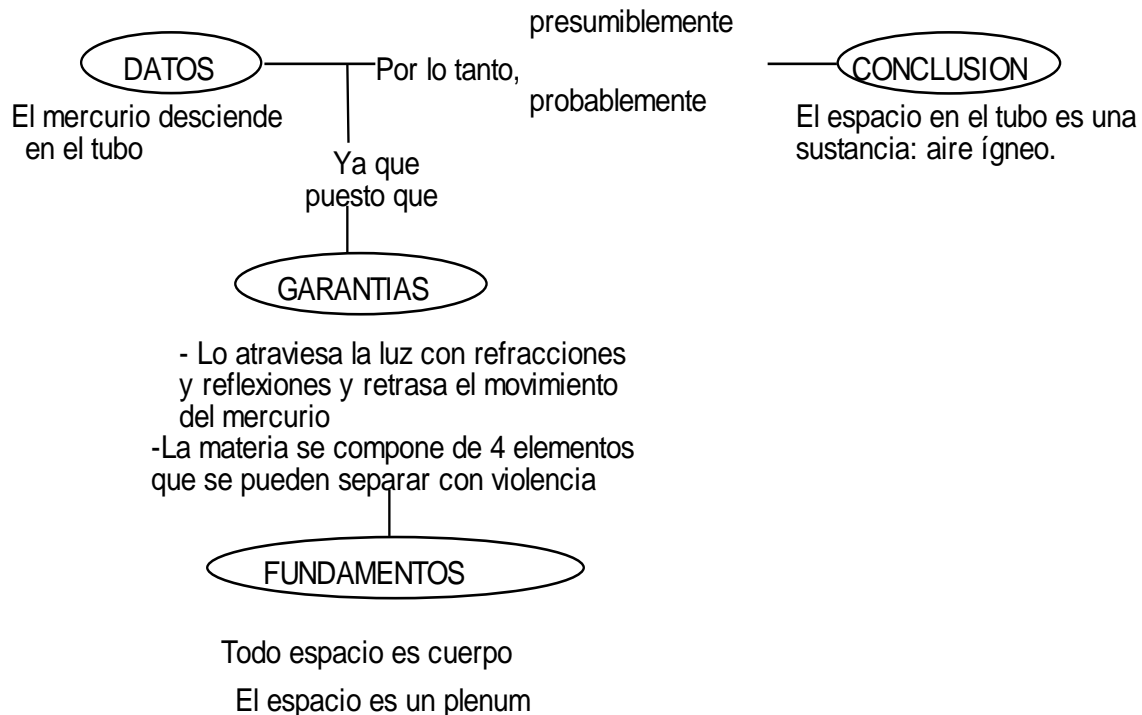


Presupongamos que, lo mismo que la sangre que esta en la venas de un cuerpo vivo esta mezclada con bilis, pituita, melancolía y sangre, que por su mayor cantidad da a toda la mezcla el nombre de sangre; del mismo modo el aire que respiramos es una mezcla de fuego, agua, tierra y aire, el cual, por su mayor cantidad le da su nombre de aire. Es el sentido común de los físicos, que enseñan que los elementos están mezclados. (pascal, 1981; 740)

La separación de esta mezcla presupone la idea Aristotélica de *violencia* y el padre Noël acude a ella para sostener su afirmación original, usando de nuevo una analogía: el espacio en el tubo se comporta semejante a una esponja. En efecto, el peso del mercurio que desciende ejerce una violencia sobre la parte superior del tubo. Considerando que todos los cuerpos sienten repugnancia a separarse y crear un vacío entre ellos, el peso del mercurio arrastra en su caída a las partículas finas de *aire sutil* que se encuentran en los poros del vidrio y éstas a su vez arrastran las partículas de *aire sutil* que están afuera del tubo para que ocupen el vacío dejado por las primeras hasta que el espacio dentro del tubo es llenado con este *aire sutil*. A la luz de este razonamiento es claro que el espacio abandonado por el mercurio es ocupado por un aire rarificado o sutil, componente, en mayor o menor medida, de toda la materia.

Este esquema argumental, si bien no contiene todos los elementos discursivos del padre, refleja a grosso modo, los componentes esenciales del mismo, esto es, los datos que interpreta, las conclusiones a las que llega y las razones que justifican estas conclusiones.

Hasta aquí podemos esquematizar el argumento del padre Noël como sigue:



Aparece implícito en el desarrollo de toda la trama argumental una concepción muy firme sobre el concepto de *espacio* que es, en última instancia, el campo conceptual donde se dará la batalla. Para el padre Jesuita, el espacio como el cuerpo están definidos de la misma manera:

Puesto que todo espacio es necesariamente cuerpo: el que comprende lo que es cuerpo entiende como cuerpo un conjunto de partes, unas fuera de

otras, unas altas, otras bajas, unas a la derecha, otras a la izquierda...  
(Pascal, 1981; 743).

El concepto de espacio como un plénum universal, idea cartesiana defendida por el padre Noël; o el espacio entendido como una relación entre puntos materiales, idea defendida por Pascal, constituyen el núcleo duro de la controversia, conforman lo que Toulmin da en llamar soportes o fundamentos.

Estos soportes o fundamentos jamás son puestos en cuestión por los contrincantes, al menos no de una manera directa, ellos se entregan con tenacidad a tratar de rebatir las garantías de su oponente. Esto es lo que hace Pascal cuando responde la carta del padre Noël.

Pascal refuta las ideas del jesuita haciendo mención, inicialmente, a una "*regla universal que se aplica a todos los temas particulares en los que se trata de reconocer la verdad*". Con esto, Pascal, introduce una regla de procedimiento y una norma para acordar lo que es verdadero y diferenciarlo de lo que es falso haciendo uso del esquema deductivo de Descartes.

Dicha regla consiste en que no se debe hacer nunca un juicio decisivo de la negativa o afirmativa de una proposición, en tanto que lo que se afirma o se niega no reúna una de estas dos condiciones: a saber, o que aparece tan claramente o tan distintamente por sí mismo a los sentidos o a la razón, según corresponda a los unos o a la otra, que la mente no tenga ningún medio de dudar de su certeza; y es lo que llamamos principio o axiomas, como, por ejemplo, si a cosas iguales añadimos cosas iguales los

todos serán iguales; o que se deduzca de consecuencias infalibles y necesarias de tales principios o axiomas, de la certeza de los cuales han sido debidamente deducidas, como esta proposición: los tres ángulos de un triángulo son iguales a dos ángulos rectos que, aunque no es visible por si misma, es demostrada evidentemente por las consecuencias infalibles de tales axiomas. Todo lo que tiene una de estas dos condiciones es cierto y verdadero y todo lo que no tiene ninguna de ellas pasa por dudoso e incierto (Pascal, 1981; 745).

Podemos notar, en esta instancia de la discusión, que Pascal asume, como la única manera válida para razonar acerca de la naturaleza, aquella que hace uso de los sistemas axiomáticos de la geometría, de otro modo, cualquier razonamiento que no se ajuste a esta condición propuesta por él pasa por ser dudoso y de poco fiar. Propone además, en un aparte posterior de su carta, las clases de hipótesis que son consideradas a la luz de este modo de razonar:

Pero me creo obligado a decir dos palabras sobre este asunto: y es que todas las veces que, para encontrar la causa de varios fenómenos conocidos, se establece una hipótesis, esta puede ser de tres clases.

Porque algunas veces deducimos un absurdo manifiesto de su negación, y entonces la hipótesis es verdadera e indiscutible; o bien deducimos un absurdo manifiesto de su afirmación, y entonces la hipótesis es tenida por falsa; y cuando no se ha podido deducir un absurdo de su negación ni de su afirmación, la hipótesis es dudosa; de suerte que para hacer que una hipótesis sea evidente basta que todos los fenómenos se deduzcan de ella, mientras que, si se deduce una sola cosa contraria a uno solo de los fenómenos, ello basta para asegurar su falsedad (Pascal, 1981; 748).

Seguidamente, Pascal ataca las leyes de inferencia, de que hiciera uso el padre Noël, a saber: que el espacio aparentemente vacío transmite la luz con reflexiones y refracciones y que retrasa el movimiento de un cuerpo.

En lo que observo que, a causa del propósito que tenéis de demostrar que es un cuerpo, tomáis por principio dos cosas: la primero es que transmite la luz con refracciones y reflexiones; la segunda, que retrasa el movimiento de un cuerpo (Pascal, 1981; 745)

Le replica Pascal a Noël y le propone un dato nuevo, "que el rayo que penetra el cristal y ese espacio no tiene mas refracción que la que le causa el cristal".

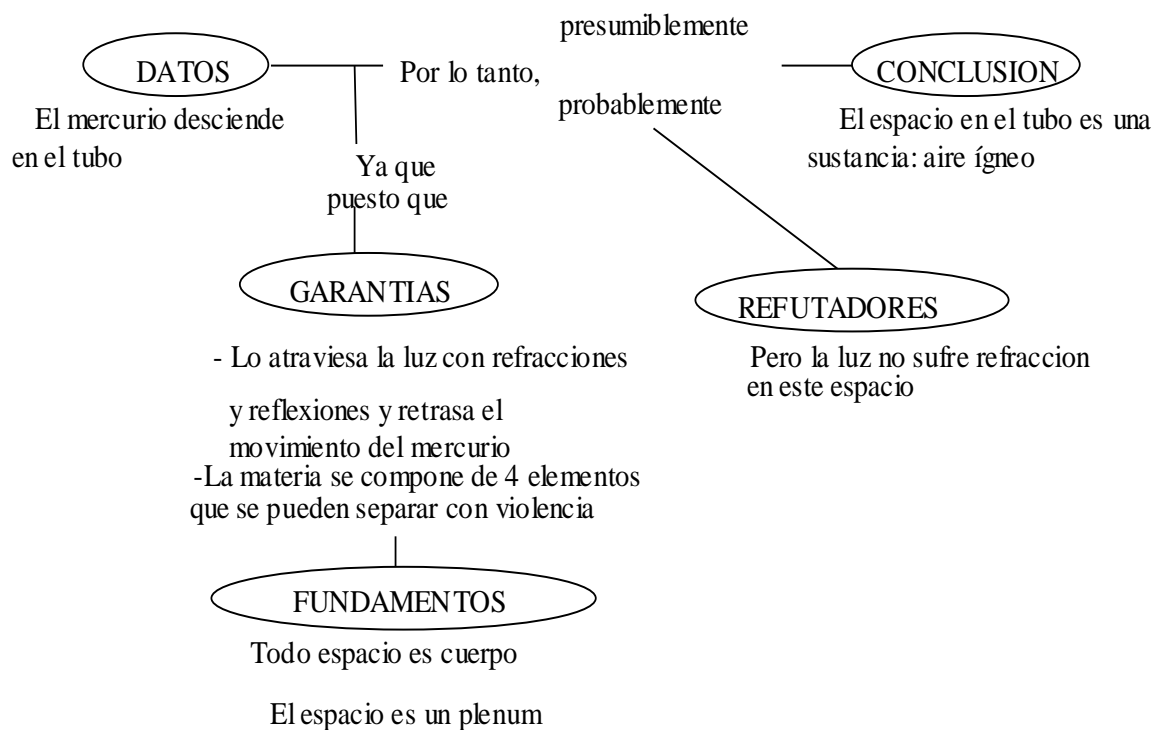
Este nuevo elemento se incorpora en calidad de refutador de la primera garantía. La luz no se refracta, no sufre ninguna desviación aparente en este espacio vacío, por lo tanto, si bien podemos asegurar que la luz atraviesa este espacio, como de hecho sucede, no podemos decir que este espacio sea una sustancia ya que es irresistible al paso de la luz. La luz se refracta en virtud de una cierta resistencia que ofrece el medio a ser atravesado por ella y en este caso, este medio no ofrecía ninguna.

Pascal refuerza su contraargumento con alusiones casi directas, ya a la ingenuidad de su oponente, ya a su temeridad para hacer ciertas afirmaciones.

...y puesto que además de esto la naturaleza de la luz es desconocida, tanto a vos como a mí; que de todos los que han tratado de definirla, ni uno solo ha satisfecho a ninguno de los que buscan las verdades tangibles,

y que tal vez nos seguirá siendo eternamente desconocida, veo que ese argumento permanecerá mucho tiempo sin recibir la fuerza que le es necesaria para ser convincente. (Pascal, 1981; 746)

Pascal debilita las garantías que propone el padre Jesuita aduciendo "falta de materia" ya que no hay nada concluyente en la definición que hace de la luz e introduce un refutador: la luz si penetra este espacio pero no sufre ninguna refracción.



El esquema que llevamos construido hasta el momento corresponde al razonamiento del padre Noël pero aparece un contraargumento de Pascal que tiene como fin debilitar las garantías de inferencia del discurso de su opositor.

Pascal presenta así sus primeros argumentos a favor de considerar que el espacio contenido en el tubo esté efectivamente vacío, contrariando y refutando la primera garantía de su oponente. Si bien él acepta que la luz atraviesa ese espacio, esto no es suficiente para concluir que este espacio sea cuerpo, ya que la luz no sufre ninguna resistencia del medio para atravesarlo.

El desarrollo argumental de Pascal continua poniendo en entredicho la segunda y la tercera garantía que expusiera el padre Noël, a saber: el hecho que el mercurio tarde un tiempo en descender y la concepción Aristotélica de la composición de la materia. Al primero le antepone el hecho de que dos cuerpos caigan en el vacío en el mismo tiempo, apelando implícitamente a los experimentos de Galileo y planteando el problema inverso: el espacio en cuestión no ofrece ninguna resistencia al movimiento; del segundo dice que es una ficción de la cual es muy difícil dar pruebas de ello.

Porque en estos tiempos en que un número de personas sabias buscan con tanto cuidado que materia llena ese espacio; en que esta dificultad preocupa hoy a tantas mentes, me costaría trabajo creer que, para aportar a una solución tan deseada a una tan grande y justa duda, vos no dieseis otra cosa que una materia de la suponéis no solamente las cualidades sino también la propia existencia; de suerte que aquel que presuponga lo contrario sacará una consecuencia contraria por el mismo razonamiento...Porque todas las cosas de esta naturaleza, cuya existencia no se manifiesta a ninguno de los sentidos, son tan difíciles de creer como fáciles de inventar. (Pascal, 1981; 747)

En efecto, Pascal retoma las mismas palabras del padre Noël, y le increpa que esa materia intangible de la que habla y que expresa en la analogía de la esponja, es solo una *ilusión, una ficción, un mero pensamiento* que se apoya no en los hechos sino en suposiciones. Pascal ve, además, una falta al razonamiento en el uso excesivo del verbo *suponer*.

Presupongamos que, lo mismo que la sangre esta mezclada con varios líquidos que la componen, así el aire esta compuesto de aire y de fuego y de los cuatro elementos que entran en la composición de todos los cuerpos de la naturaleza>> presuponéis luego que ese fuego puede ser separado del aire y que, al ser separado, puede penetrar los poros del cristal; presuponéis también que al ser separado, tiene tendencia a volver y que es atraído constantemente.... (Pascal, 1981; 747)

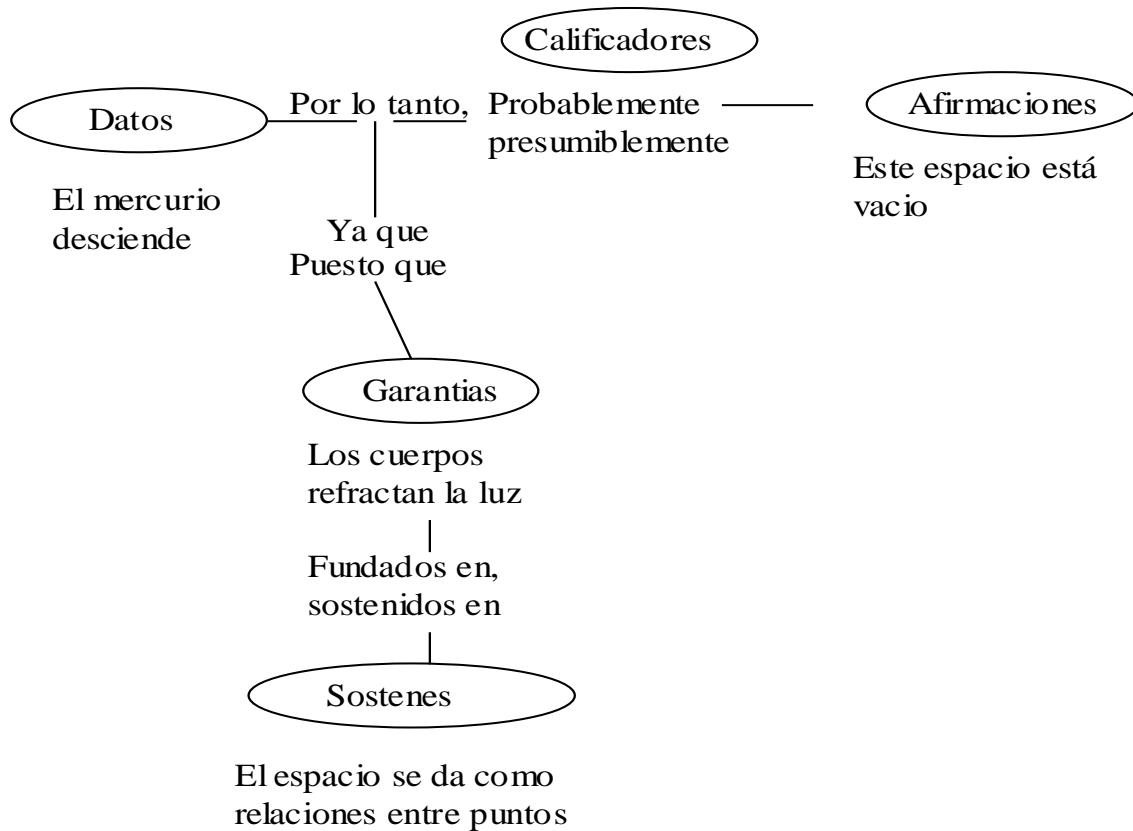
Para Pascal, la introducción repetida de la expresión <<presupongamos>> es ya una muestra de que el argumento adolece de consistencia. La expresión permite calificar el argumento mismo y Pascal lo califica muy bajo: la materia que el padre Noël <<ve>> en el tubo es una ficción.

Haciendo uso del patrón de análisis de Toulmin para trazar el esqueleto argumental de Pascal podemos ver claramente los fundamentos epistemológicos y ontológicos sobre los que construye las explicaciones acerca del mundo y más concretamente, acerca del concepto de vacío.

Para Pascal es claro que el espacio es un concepto puramente geométrico, éste se da como relación entre puntos y puede concebir por ello que entre punto y



punto se puede presentar un espacio vacío. En otras palabras, para Pascal, la idea de un aire sutil que penetra al interior del tubo es sólo una imaginiería del padre Noel.



Para Pascal es claro que el espacio es un concepto puramente geométrico, éste se da como relación entre puntos y puede concebir por ello que entre punto y punto se puede presentar un espacio vacío. En otras palabras, para Pascal, la idea de un aire sutil que penetra al interior del tubo es solo una imaginiería del padre Noël.

La estrategia de Pascal busca inicialmente debilitar el argumento de su oponente atacando las garantías y rebajando su status al de invenciones. Para ello hace uso de la más fina retórica tratando de hacer ver a su oponente que el tubo está efectivamente vacío y que hay una diferencia grande entre un espacio vacío y un cuerpo.

...y lo que nosotros llamamos un espacio vacío es un espacio que tiene longitud, anchura y profundidad, que es inmóvil y capaz de recibir y contener un cuerpo de igual longitud y forma; y es lo que llamamos sólido en geometría, en la que sólo se consideran cosas abstractas e inmatrimales. De suerte que la diferencia esencial que se encuentra entre el espacio vacío y el cuerpo material que tiene longitud, anchura y profundidad, es que el uno es inmóvil y el otro móvil; y que uno puede recibir dentro de él un cuerpo que penetra sus dimensiones, mientras que el otro no lo puede recibir. (Pascal, 1981; 750)

En este punto de la discusión las posiciones se cierran y ambos se acusan, desde ópticas diferentes, de estar proponiendo ficciones de las cuales no pueden dar cuenta. El padre Noël se lamenta que el espacio vacío de Pascal tenga unas cualidades tan particulares que sea imposible precisarlo.

Ese espacio que no es ni Dios ni criatura, ni cuerpo ni espíritu, ni sustancia ni accidente, que transmite la luz sin ser transparente, que resiste sin resistencia, que es inmóvil y se traslada en un tubo, que está en todas y en ninguna parte, que lo hace todo y no hace nada. (Pascal, 1981; 761)

Para el padre Noël es evidente que aquello que no es perceptible por los sentidos no tiene existencia sino en la mente de quien lo crea y el vacío que Pascal imagina en el tubo tampoco afecta a ninguno de los sentidos.

Pascal retoma las palabras del Padre y a su vez esgrime que igual, la materia imperceptible de la que habla, no tiene ningún efecto sobre los sentidos y establece un criterio para la elección de una de las dos posiciones. De este modo, en su carta a Monsieur le Pailleur, en la que se refiere a las ideas expuestas por el padre Noël en su segunda carta, le pide que interceda en el sentido de considerar quien puede tener la razón .

Pero señor, dejo a vuestro criterio decidir, cuando no vemos nada y los sentidos no perciben nada en un sitio, ¿quién tiene mas razón, el que afirma que hay alguna cosa, aunque nada vea, o el que cree que no hay nada porque no ve ninguna cosa? (Pascal, 1981; 770)

Pascal apela a un recurso corriente en las disputas científicas: el arbitraje de un tercero aunque se cuide de a quien va a solicitar tal arbitraje, no sea que pueda perjudicar su posición.

En la última parte de su tratado, Pascal comienza a poner en duda la primera regla del mismo y a sospechar que la naturaleza no le tiene horror al vacío, es mas, el vacío se puede crear de una manera bastante fácil y que la naturaleza lo acepta sin que por ello sienta ningún horror.

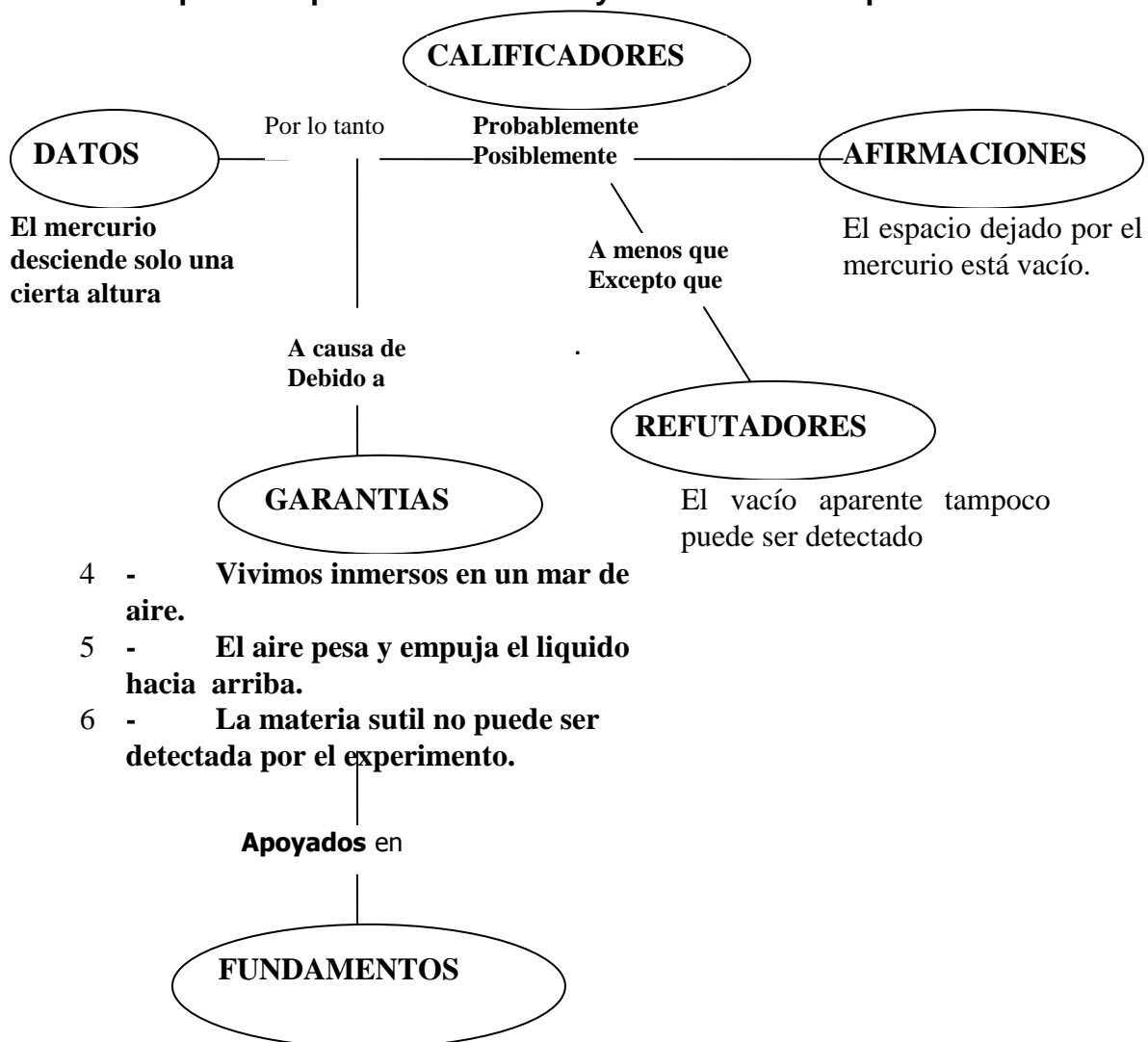
Porque, si debo expresar con toda franqueza mi pensamiento, me cuesta trabajo creer que la naturaleza, que no es animada ni sensible, sea susceptible de horror, ya que las pasiones presuponen un alma capaz de sentir las y me inclino mas bien a imputar todos esos efectos a la pesantez y presión del aire... (Pascal, 1981; 778)

Pascal termina su tratado con la descripción del experimento crucial que, según él, puede dirimir la querrela a su favor. El experimento, hecho en el monte Puy-de-Dome, por el señor B, Perier, consistía en llevar el tubo de Torricelli a diferentes alturas con el fin de constatar que la altura del mercurio se hacía más pequeña a medida que aumentaba la altura a la cual se realizaba la experiencia. El señor Perier realizó la experiencia decisiva según las indicaciones de Pascal y encontró que efectivamente, la presunción de Pascal era cierta, a saber, que la altura del mercurio disminuía con la altura lo que podía ser explicado a partir del concepto de *equilibrio de los líquidos*.

En efecto, el experimento de Puy de Dome elevó el status de la idea que Pascal toma de Torricelli acerca de la pesantez del aire y de cómo ella es la culpable de que el mercurio alcance siempre la misma altura. Esta idea fue cobrando mayor relevancia en la medida que se hacían nuevos experimentos para demostrar que era posible crear el vacío. Experiencias como las de Otto Von Guericke con la esfera de Magdeburgo o la máquina de vacío de Boyle fueron generando el consenso al interior de la comunidad científica que vio como más plausible la idea de la existencia del vacío ya que presentaba una mayor capacidad predictiva y ampliaba el número de fenómenos que se podían explicar, esto es, era más útil.

La semejanza entre la respiración y la combustión en el sentido de que ninguna de ellas se produce sin aire, la transmisión del sonido como una vibración del aire, la verificación de la idea galileana de que los cuerpos en el vacío caen con la misma velocidad fueron el resultado casi inmediato de la aceptación del vacío de Torricelli<sup>4</sup> (Hecht, 1987)

### Esquema explicativo de Pascal y la refutación del padre Noël



<sup>4</sup> algunas veces en el cilindro confirmo La materia es discontinua. Es posible dividirla hasta encontrar una partícula indivisible. Dado esto es posible separar las partículas, creando un vacío entre ellas. ca del vacío consistían en encerrar animales go a encerrar un reloj despertador y arse.

La manera explicativa de Blaise Pascal termina triunfando sobre la explicación del padre Noel, ya que amplía notablemente la gama de fenómenos que pueden ser estudiados haciendo la consideración de que el espacio dejado por el mercurio esté vacío. Para Pascal solo es relevante el peso de dos columnas de fluidos distintos que se equilibran.

### **4.3 Implicaciones educativas**

#### **4.3.1 En relación con la formación del profesor de física.**

La propuesta de argumentación en la clase de física requiere de un profesor con una formación sólida a nivel epistemológico que le permita conocer los procesos de construcción del conocimiento al interior de la disciplina, el desarrollo de los conceptos y las posturas divergentes y convergentes de los científicos alrededor de ellos. Además de un conocimiento amplio sobre las controversias que se han dado respecto a las teorías o conceptos de la ciencia.

Así mismo, la propuesta requiere también de un maestro con una fundamentación científica adecuada que le permita delimitar muy claramente el ámbito de la discusión, y a la vez, que pueda aprovechar las ideas contradictorias y afines para ampliarla, retomando aspectos diferentes de un mismo fenómeno que conduzcan

a dar mayor claridad a los conceptos físicos implicados. En la controversia presentada en este trabajo, por ejemplo, es crucial que el profesor tenga un dominio de la teoría general de fluidos ya que es en últimas el dominio conceptual en el que se desarrolla la discusión y que nos remite a los conceptos de presión atmosférica, flotación, ecuación de continuidad de Bernoulli y la ley de los gases ideales de Boyle, entre otros.

De otra parte, es importante que el profesor conozca y comprenda el modelo de argumentación de Toulmin como una herramienta heurística que permite comparar teorías acerca del mundo físico y facilitar su comprensión en términos de los elementos que constituyen este modelo. Es decir, reconocer las leyes físicas como construcciones racionales que garantizan las conclusiones o afirmaciones de conocimiento que se hacen sobre el mundo físico, como también tomar conciencia de que a dichas leyes o principios físicos (Garantías de inferencia en el esquema) subyacen unos principios epistemológicos y ontológicos, que a su vez, las justifican.

Teniendo en cuenta que en una enseñanza para el cambio conceptual la elección de una idea no está fundada en criterios de autoridad sino que todas ellas, incluyendo la del profesor, deben ser consideradas igualmente importantes, es entonces necesario que el profesor asuma un rol diferente a aquel en el que sólo se encarga de transmitir un conocimiento acabado y se empieza a considerar como integrante de una comunidad que busca construir significados. En este caso, la opinión del maestro es una más de las tantas que se dan al interior del

aula y debe ser sopesada y evaluada de manera similar a la de los estudiantes bajo los criterios de inteligibilidad, plausibilidad y fructibilidad.

En consecuencia, esta propuesta exige un profesor que sea capaz de concebir el conocimiento científico como una construcción social; mediada por procesos argumentativos; un profesor que propicie y sostenga la discusión al interior del aula, que conozca y comprenda los elementos del modelo presentando a sus alumnos las diferencias que existen entre los datos, las conclusiones, las garantías, etc, como también que tenga un buen dominio de la disciplina, que le permita presentar refutadores adecuados y oportunos para conducir la discusión en función de negociar el status de algunas ideas, ya sea debilitando algunas o fortaleciendo el nivel de otras. En la polémica entre Noël y Pascal se ve clara la función del elemento refutador presentado por ambos pensadores. Pero mientras la refutación de Pascal ataca directamente las garantías de inferencia del argumento del Padre, la de éste solo acusa a Pascal de estar presentando quimeras o invenciones como se ve en el último esquema presentado en el análisis.

#### **4.3.5 En relación con las pautas de la enseñanza para el cambio conceptual.**

En las pautas propuestas por Hewson y Beeth (1995) en una enseñanza para el cambio conceptual, es claro que aspectos como: la explicitación de las ideas, la justificación de las mismas, la negociación de su status y la explicitación del carácter metacognitivo del debate al interior del aula solo es posible desarrollarlos



en la medida que, tanto maestros como alumnos, sean conscientes de sus limitaciones en la construcción de argumentos y vean la necesidad de adquirir competencias comunicativas que permitan discernir entre los diferentes elementos que conforman las afirmaciones científicas.

En este sentido, el esquema argumental de Toulmin permite presentar las ideas científicas en términos de unos elementos bien diferenciados que pueden ayudar a la negociación del status de las mismas. En el análisis propuesto, se hacen explícitas las ideas de los contendientes en términos de los datos, las garantías, los fundamentos, las afirmaciones y los refutadores presentados y si bien, en el texto analizado no parece claro que exista una negociación del status de las ideas, si es posible, a la luz de éste análisis, elevar o disminuir dicho status. En particular, en esta controversia, se puede dar cuenta del mayor poder explicativo de la idea de Torricelli y Pascal en tanto puede llegar a explicar muchos otros hechos.

La aplicación de un modelo argumental como el de Toulmin permite, tanto al profesor como a sus alumnos, mejorar las prácticas discursivas en el aula dado que este modelo posibilita:

- 4 La explicitación y justificación de las ideas existentes de manera clara, precisa y coherente, como se ve reflejado en el análisis que se hace del pensamiento de Pascal y del Padre Noel, respecto a la noción de vacío.
- 5 La construcción de espacios de interacción dialógica entre el maestro y el estudiante, ofreciendo elementos para una más efectiva negociación del

status de las ideas, a partir del reconocimiento de afirmaciones que actúan como soportes de las garantías (y que en la teoría del cambio conceptual aluden a factores epistemológicos y ontológicos que hacen parte de la ecología conceptual del aprendiz).

- 6 La metacognición, en tanto la explicitación y justificación de las ideas conlleva un proceso permanente de autorreflexión acerca de los modos de conocer y construir el conocimiento científico.

#### **4.3.5 En relación con los cambios que produce el uso de la argumentación en la clase de física.**

Bajo la premisa que la ciencia es una construcción social y que dicha construcción esta mediada en gran medida por los modos argumentales que usan los científicos para defender sus teorías, es preciso entonces, incorporar al aula de clase una práctica como la argumentación que constituye uno de los núcleos importantes en la construcción del conocimiento científico.

Dicha incorporación precisa cambios importantes en los ambientes de aula de la clase de física. En lo que tiene que ver con los desarrollos de la clase misma, es necesario abandonar la concepción de que la física es un compendio de verdades hechas y por el contrario, asumirla como una construcción en la cual priman los aspectos de inteligibilidad, plausibilidad y fructibilidad como criterios para elegir una explicación en vez de otra. De esta manera, esta propuesta privilegia la interacción dialógica en el aula y deja de lado la practica expositiva del profesor,

presentándolo como un integrante más de una comunidad que busca explicaciones.

Por lo dicho anteriormente, la práctica de la argumentación en el aula de clase cambia notablemente el decorado tradicional de la clase de ciencia en el sentido de que ya no es la voz del profesor la que más se escuche ni su autoridad la que defina lo que se debe saber sino que sean las voces de todos, las que sean escuchadas y el proceso de negociación del status de las ideas, lo que defina cuáles son las explicaciones más plausibles, inteligibles y útiles.

El análisis epistolar realizado puede constituir una primera aproximación al uso de la argumentación en el aula de ciencias en el sentido de presentar el modelo y dar a conocer su relevancia para presentar las ideas científicas. Pero, si bien el presente trabajo no da cuenta de las características que pueda tener la interacción dialógica de los estudiantes respecto al concepto de vacío, ni presenta las concepciones más comunes que ellos tengan acerca del mismo, (ésto corresponde a desarrollos posteriores de esta propuesta en aplicaciones concretas de aula) si es claro que en el análisis realizado, se puede presentar con claridad las ideas de los debatientes y calificar su status.

#### **4.3.4 En relación con la enseñanza del concepto de vacío.**

En lo referente a la enseñanza del concepto de vacío esta propuesta marca un hito importante ya que el concepto mismo no es motivo de enseñanza en el

campo de la física y se asume sólo como un dato cuando tratamos de resolver problemas de física en los cuales es necesario aislar un cuerpo de su entorno. El concepto de vacío no hace parte de los programas de enseñanza de la física pero resulta ser un concepto central en la comprensión de la cinemática galileana y la dinámica newtoniana en tanto permite a Galileo explicar la caída de los cuerpos y a Newton, enunciar la ley de la inercia.

Los desarrollos de la pneumática estuvieron estrechamente vinculados a la noción de vacío y en este sentido, la explicación que Torricelli da de su experimento y la apasionada defensa que Pascal hace de tal explicación elevan este experimento a la categoría de *crucial*. En efecto, en la relación epistolar entre el Padre Noël y Pascal se presenta no sólo las ideas de dos personas sino dos concepciones de mundo que se oponen y que fundan sus explicaciones en la concepción del espacio como un ente sustancial, los primeros o el espacio como relación entre puntos geométricos, los segundos. El experimento de Torricelli colaboró en gran medida para que esta segunda concepción fuera más inteligible y plausible pero sobre todo, fuera más útil.

#### **4.3.5 En relación con los cambios de la estructura curricular de la física.**

La propuesta de llevar al aula de ciencias el uso de la argumentación bajo el enfoque de la enseñanza para el cambio conceptual implica cambios importantes en el desarrollo curricular de la clase de física. Esta propuesta apunta a una comprensión de la ciencia más desde lo epistemológico y de su desarrollo

histórico y social que desde lo instrumental y su aplicabilidad en el desarrollo de las tecnologías. Esto implica una revisión a fondo de la organización curricular de la física en tanto, lo importante es la construcción de explicaciones así como el entender las teorías de los científicos en términos del modelo de Toulmin, presentando la física como una actividad que se da al interior de las comunidades científicas y que tiene un soporte importante en la capacidad de persuasión de los científicos cuando apoyan o atacan una teoría.

Desde esta perspectiva, la enseñanza de la física se orienta a una comprensión más profunda de los criterios que priman en la escogencia; por parte de la comunidad científica, en el ámbito de la ciencia o por parte de un grupo de estudiantes en el ámbito de la escuela, de la teoría más plausible, inteligible y útil. Así entonces, la enseñanza de la física en esta propuesta va dirigida, más que a presentar una serie de conocimientos acabados, dar a conocer las polémicas que han generado estos conocimientos y cuáles han sido los criterios para elegir entre teorías rivales. El énfasis de la propuesta está dirigido a presentar teorías rivales que compiten en la explicación de los hechos o datos, lo que obliga a replantear la enseñanza de la física como un compendio de verdades dadas en los libros de texto, para dirigirla a una comprensión más profunda de las teorías; de su historia y su desarrollo epistémico, de sus fortalezas y debilidades; de su inteligibilidad, plausibilidad y utilidad. Así mismo, al fortalecimiento de la capacidad argumental de los alumnos en el sentido de que puedan ellos también construir explicaciones y defenderlas en términos de los factores arriba mencionados.

Por esto mismo, en principio, la organización curricular de la física debe derivar a la presentación de las controversias más relevantes en la construcción de las teorías físicas y presentar los criterios por los cuales se elige una y no otra. En este sentido, la enseñanza de la física cobra un carácter histórico y epistemológico en tanto se hace énfasis en la confrontación de las ideas acerca del mundo y de cómo unas ideas pueden llegar a tener más status que las otras.

## 5 CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis realizado a esta controversia epistolar entre Noël y Pascal, pudimos establecer que el modelo de Toulmin permite “esquemmatizar”, por decirlo de alguna manera, la estructura argumental de cada uno de ellos. Desde allí, es posible develar los diferentes elementos que la constituyen: los puntos duros de la disputa, las observaciones realizadas por cada uno de ellos y el cómo estas observaciones se someten, en última instancia, a una concepción de mundo que les subyace.

Bajo el enfoque de una enseñanza para el cambio conceptual es fundamental que en el aula de clases se generen condiciones para que los alumnos expliciten sus ideas de una manera inteligible y plausible de forma que puedan ser comprendidas por los demás integrantes del grupo. Tal explicitación implica además la posibilidad de justificar las ideas cuando ellas son sometidas al juego de la confrontación en el espacio de interacción que se crea en el aula. Esta premisa del cambio conceptual es reflejada, de manera bastante notoria, cuando analizamos los argumentos de aquellas teorías enfrentadas, a partir de un modelo como el de Toulmin, ya que no sólo se explicitan conceptos, como por ejemplo el concepto de vacío, sino que también se presentan las razones y los fundamentos

epistemológicos y ontológicos que sostienen las afirmaciones que se hacen sobre el mundo físico.

En efecto, en el análisis de la polémica entre estos dos personajes del siglo XVII acerca del concepto de vacío, este esquema hace de instrumento eficaz para diferenciar, en primera instancia, los datos de las conclusiones y, posteriormente, las garantías de inferencia de los principios ontológicos y epistemológicos que sostienen el hilo argumental de cada uno de los contrincantes.

El uso del modelo argumental de Toulmin en la enseñanza de las ciencias y en particular en la enseñanza de la física, constituye solo un acercamiento al complejo problema de la construcción del conocimiento científico y por lo tanto es limitado en su contenido y aplicación. La riqueza argumental contenida en las cartas analizadas en este trabajo, sería mas patente si consideramos aspectos sociales y personales de la época en la que se presentó la polémica, develando con ello la condición humana de los científicos y presentando la ciencia como una construcción hecha por hombres que ponen al descubierto sus pasiones cuando defienden sus teorías.

Es por ésto que la aplicación de esta propuesta en el aula, requiere en primera instancia de maestros con una buena fundamentación científica, epistemológica y didáctica que los oriente en la creación de experiencias de enseñanza y aprendizaje donde se valore la construcción de espacios y condiciones para el ejercicio de una práctica discursiva en el aula. En este ambiente los alumnos



pueden explicitar y justificar sus ideas y refutar tanto las del profesor como las de sus compañeros cuando la discusión así lo requiera, llegando a un proceso de negociación del status de las ideas, y por tanto, de cambio conceptual.

La construcción del conocimiento científico es un proceso sumamente complejo que no podemos enmarcar completamente en una estructura argumental como la presentada en este trabajo. Sin embargo, y a pesar de las limitaciones que pueda presentar el modelo, consideramos que la aplicación de éste en las clases de ciencias se puede constituir en herramienta útil en una enseñanza para el cambio conceptual ya que, como se dijo antes, hace visible aspectos de la ecología conceptual de quien defiende o ataca una teoría y por lo tanto permite explicitarlos y hacerlos conscientes, lo que constituye una condición esencial de una enseñanza para el cambio conceptual.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, J. (1989). Comprensión Newtoniana de la caída de los cuerpos. Un estudio de su evolución en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), 241-246.

Bautista, G y Rodríguez, L. (1997). Una experiencia sobre el uso de la Historia en la Enseñanza de las Ciencias: Pneumática. *Física y Cultura; Cuadernos de Historia y Enseñanza de las Ciencias*, 4. 43-53.

Beeth, M. (1998:a). Teaching for conceptual change: Using status as a Metacognitive Tool. *Science Education*. 82, 343-357.

Beeth, M. (1998:b). Teaching Science in fifth Grade: Instructional Goals that support Conceptual Change. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 1091-1101.

Beeth, M y Hewson, P. (1999). Learning goals in an exemplary science teacher's practice : Cognitive and social factors in teaching for conceptual change. *Science Education*. 738-760.

Campanario, J y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias ?. Principales tendencias y propuestas. Enseñanza de las Ciencias, 17 (2), 179-192.

Carretero, M (2000). Cambio conceptual y enseñanza de la historia. Tarbiya, 26, 73-81

Carretero, M; Limón, M. (1997). Problemas actuales del constructivismo. De la teoría a la práctica. En: Carretero, M; Limón, M. (1997). La construcción del conocimiento escolar, Barcelona: Paidós.

Casini, P (1971) El Universo Máquina. Barcelona, Martínez Roca S.A.

Colombo De Cudmani, L. (1997). Ideas epistemológicas de Laudan y su posible influencia en la enseñanza de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias. 17 (2), 327- 331.

Colombo De Cudmani, L y otros. (2000). Hacia un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias. 18 (1), 3- 13.

Driver, R; Newton, P; Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classroom. Science Education 84 (3), 284-312.

Dush, R. (1998), La valoración de argumentaciones y explicaciones: Promover estrategias de retroalimentación . Enseñanza de las Ciencias. 16 (1), 3-20.

Duschl, R; Ellenbogen, K; Erduran, S. (1999), Middle school science students dialogic argumentation. Paper presented at the european science education associate conference. Kiel. August.

Duval, R. (1999). Argumentar, demostrar, explicar : Continuidad o ruptura cognitiva?, México: Iberoamericana S.A.

Erazo, M. (1999). El pensamiento del profesor. Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional.

Fernández, G; Elortegui, N. (1996). ¿Qué piensan los profesores acerca de cómo enseñar. Enseñanza de las Ciencias, 14(3), 331-342

Furió, C; Gil, D. (1989). La didáctica de las ciencias en la formación inicial del profesorado. Una orientación y un programa teóricamente fundamentados. Enseñanza de las Ciencias, 7 (3), 257-265

Gallegos, J. (1996). Reflexiones sobre la ciencia y la epistemología de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias . 17 (2), 321- 326.

García, S; Martínez, C; Mondelo, Alonso. (1998). Hacia la innovación de las actividades prácticas desde la formación del profesorado. Enseñanza de las Ciencias, 6 (2), 353-366.

Gil, D. (1993) Tendencias y experiencias Innovadoras en la enseñanza de las ciencias. O.E.I

Gil, D; Carrascosa, J y Martínez, F. (1999). El surgimiento de la didáctica de las ciencias como campo específico de conocimiento. Educación y Pedagogía, 11 (25), 15-63.

Gómez Crespo y Pozo. (2000). Las teorías sobre la estructura de la materia: discontinuidad y vacío. Tarbiya, 26, 117-139.

Hecht, E. (1987) Física en Perspectiva. Wilmington, Delaware. Addison Wesley Iberoamericana S.A.

Hewson, P y Beeth, M. (1995). Enseñanza para un cambio conceptual: Ejemplos de fuerza y movimiento. Enseñanza de las Ciencias, 13 (1), 25-35.

Hynd, C; Alvermann, D; Quin, G. (1997). Preservice Elementary School Teacher's Conceptual Change about Projectile Motion : Refutation Text, demonstration affective factors, and relevance, Science Education, 81 (1). 1-27.

Hull, L. (1970). Historia y filosofía de las ciencias. Barcelona, Ariel

Koyré, A. (1978). Estudios de historia del pensamiento científico. México, Siglo Veintiuno.

Kuhn, T. (1985). La estructura de las revoluciones científicas, México, D.F. Fondo de Cultura Económica.

Lakatos, I. (1998) La Metodología de los programas de investigación científica. Madrid, Alianza.

Losee, J. (1976) Introducción histórica a la filosofía de la ciencia, Madrid, Alianza

Marín, N. (1999:a). Del cambio conceptual a la adquisición de conocimientos: algunas reflexiones sobre concepciones alternativas y el cambio conceptual de J. M. Oliva. Enseñanza de las ciencias. 17 (1), 109-114.

Marín, N. (1999:b). Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. Enseñanza de las Ciencias, 17 (1), 79-92.

Marion, R; Hewson, P; Tabachnick, R and Blonker, K. (1999), Teaching for conceptual change in elementary and secondary science methods courses. Science Education. 83. 275-307.

Martín, E. (2000), ¿Puede ayudar la teoría del cambio conceptual a los docentes?, Tarbiya. Universidad Autónoma de Madrid, 26, 31-48.

Martínez, C; García, S; Mondelo, M. (1993). Las ideas de los profesores de ciencia sobre la formación docente. Enseñanza de las Ciencias, 11 (1), 26-32.

Mellado, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 14 (3). 288-303.

Monsalve, A. (1992). *Teoría de la argumentación*. Medellín, Universidad de Antioquia.

Moreira, M. (1994). Cambio conceptual: Críticas a modelos actuales y una propuesta a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. Ponencia presentada en el II simposio sobre investigación en educación en física. Buenos Aires

Oliva, J. (1999:a). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 93- 107.

Oliva, J. (1999:b). Ideas para la discusión sobre las concepciones del cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 115-117.

Pacca, J; Pacca, A; Villani, A. (1996). Un curso de actualización y cambios conceptuales en profesores de física. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (1). 25-33.

Paixao, M; Cachapuz, A. (1999) La enseñanza de las ciencias y la formación de profesores de enseñanza primaria para la reforma curricular : De la teoría a la práctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 69-77.

Pascal, B. (1981). Obras: pensamientos provinciales, escritos científicos, opúsculos y cartas. Madrid, Alfaguara S.A.

Porlán, R; Rivero, A; Martín del Pozo, R . (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II estudios empíricos y conclusiones. Enseñanza de las Ciencias, 16 (2), 271-288

Porlán, A. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de la ciencia. Enseñanza de las Ciencias, 16 (1), 175-185

Posner, G; Strike, K; Hewson, P; Gertzog, W. (1982). Acomodación de un Concepto Científico: Hacia una Teoría del Cambio Conceptual. En Porlán, R; García, J y Cañal, P (comp). Constructivismo y Enseñanza de las Ciencia. Sevilla, Diada.

Pozo, J y Gómez Crespo, M. (1998). Aprender y enseñar Ciencia. Madrid: Morata.

Pozo, J. (1999). Más allá del cambio conceptual: El aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. Enseñanza de las Ciencias. 17(3), 513- 520.

Reyes, L; Salcedo, L; Perafán, G. (1999). Acciones y creencias. Tesoro oculto del educador. Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional.



Rodríguez, M. (2000). Presentación: Estado actual y nuevas direcciones en el estudio del cambio conceptual. *Tarbiya*, Universidad Autónoma de Madrid. 26, 5-11

Rodríguez, M y Huertas, J. (2000). Motivación y cambio conceptual. *Tarbiya*, Universidad Autónoma de Madrid, 26, 51-70.

Rodrigo, M, Cadarso, M; Gómez, M y Morcillo, J. (1993). Identificación de competencias y características deseables en el profesorado de ciencias de EGB. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (3), 255- 264.

Sardá, A; San Martí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente : Un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 405-422.

Segura, D y otros. (1995). *Vivencias de conocimiento y cambio cultural*. Bogotá. Escuela Pedagógica Experimental. Bogotá.

Soto, C. (1998). El cambio conceptual: una teoría en evolución. *Educación y Pedagogía*. 10 (21), 49-67.

Stofflett, R y Stoddart, T (1994). The Ability to understand and use conceptual change pedagogy as a function of prior content learning experience. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (1), 31- 51.

Stofflett, R. (1994). La acomodación de science pedagogical knowledge: The application of conceptual change constructs to teacher education. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (8), 787-810.

Thomaz, M; Cruz , M; Martínez, I; Cachapuz, A. (1996). Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia : Contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 323-330.

Toulmin, S. (1979). *El puesto de la razón en la ética*. Alianza. Madrid.

Toulmin, S. (1999). *The uses of argument*. New York, Cambridge University Press.

Vosniadou, S (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*. 4, 45-69

Weston, A. (1999). *Las claves de la argumentación*. Barcelona: Ariel S.a.

Wolpert, L (1994). *La naturaleza no natural de la ciencia*, Madrid. Acento Editorial.