

UNIVERSIDAD DE BURGOS
PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Departamento de Didácticas Específicas



**HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA ECOLOGÍA
REPRESENTACIONAL: APROXIMACIÓN AL
APRENDIZAJE COMO ARGUMENTACIÓN, DESDE LA
PERSPECTIVA DE STEPHEN TOULMIN**

TESIS DOCTORAL

BERTA LUCILA HENAO SIERRA

Burgos, Junio de 2010

UNIVERSIDAD DE BURGOS
PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

UNIVERSIDAD DE BURGOS
PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Departamento de Didácticas Específicas



Universidad de Burgos



**Universidade
Federal do Rio
Grande do Sul**

**HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA ECOLOGÍA
REPRESENTACIONAL: APROXIMACIÓN AL
APRENDIZAJE COMO ARGUMENTACIÓN, DESDE LA
PERSPECTIVA DE STEPHEN TOULMIN**

BERTA LUCILA HENAO SIERRA

Tesis Doctoral realizada por **D. Berta Lucila Henao Sierra**, para optar al Grado de Doctor por la Universidad de Burgos, bajo la dirección del **Dr. Marco Antonio Moreira** y la codirección de la Dra. **María Silvia Stipcich**
Burgos, Junio de 2010

Como un pequeño homenaje:

*A mi familia: Simón – nuestro ángel recién llegado –,
Verónica y su Alejo, Víctor Daniel y Daniel; a mi mamá y a cada
uno de mis hermanos y hermanas; y, con ellos, a todas las
personas que con su apoyo incondicional y su afecto han hecho
posible este trabajo.*

AGRADEZCO

A Dios, Vida y Universo, por su presencia en cada una de las circunstancias, las personas y las instituciones a quienes debo la posibilidad de construir esta tesis:

A las Universidades de Burgos – UBU – y Federale do Rio Grande do Sul – UFRGS –, por propiciar la consolidación del Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las ciencias, PIDEC, como un espacio para la formación de investigadores y, especialmente, como posibilidad para la construcción de propuestas de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias en el contexto latinoamericano.

A los coordinadores del PIDEC, Dra. María Concesa Caballero, Dr. Jesús Meneses Villagrá y Dr. Marco Antonio Moreira, por su empeño en sacar adelante el Programa; un proyecto inmenso y complejo.

A todos y cada uno de los profesores(as) y colegas del PIDEC que en los cursos, las asesorías y, especialmente, en eventos como las Semanas de Investigación en Enseñanza de las Ciencias realizadas en la UFRGS, aportaron sus conocimientos y experiencias para cualificar nuestros trabajos.

A la Dra. María Silvia Stipcich y al Dr. Marco Antonio Moreira, por sus invaluable aportes, su apoyo incondicional, su acompañamiento cercano, sus enseñanzas y orientaciones precisas; por compartir la responsabilidad implicada en el reto de vivir esta investigación; y, muy especialmente, por el afecto y la confianza que me han permitido superar las dificultades y construir camino.

A la Universidad de Antioquia, la Facultad de Educación y el Programa de Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencia Naturales y Educación Ambiental; a sus directivas, profesores y estudiantes que de múltiples formas han otorgado soporte y sustento a este proyecto académico.

A mis amigas(os) y colegas de la Facultad de Educación de la U de A, Profesoras Luz Victoria Palacio, Luz Stella Isaza, Marta Luz Ramírez, Diana Victoria Jaramillo, Gloria Inés Yepes, Marta Lorena Salinas, María Mercedes Jiménez y profesor Ángel Enrique Romero, por su sabia solidaridad en este trasegar.

A Marta, Catalina, Alexander, Alejandra, Yeimmi, Clara y Marcela, seminaristas participantes, por su generosidad y compromiso al aceptar el reto de hacer parte de este Proyecto. De manera muy especial doy las gracias a Marta y Cata por sus importantes contribuciones con la lectura analítica y propositiva de los resultados de esta investigación.

A cada uno de mis estudiantes, por dejarme participar y compartir sus proyectos de vida. En especial, a quienes hoy son mis colegas Diana y Margarita, por sus aportes en la revisión crítica de los análisis de este trabajo.

A mi familia, que con inmenso amor ha comprendido mis ausencias...

Aquella misma noche, muchos en la ciudad se despertaron sobresaltados con la certeza de la que la Tierra giraba con dificultad sobre su eje gastado. “ese viejo astrónomo tiene que estar loco”, dijeron algunos para consolarse, e intentaron conciliar el sueño interrumpido. Pero a otros les sorprendió el amanecer tratando de hallar algún presagio en el firmamento.

... que se metía a la ducha con paraguas abierto,...que saluda de mano a las estatuas,...eso y mucho más decían. A algunos de estos habladores no los movía la maldad, sino simplemente el deseo de tranquilizarse: si el señor Nada no es un hombre normal — pensaban — su teoría sobre el movimiento de la tierra tiene que ser falsa.

Jaime Alberto Vélez

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

A modo de presentación: contextualización del objeto de estudio	1
En relación con la postura epistemológica subyacente	1
En relación con los referentes teóricos	4
Respecto a las cuestiones de orden metodológico	7
En relación con los hallazgos, cuestiones pendiente y posibles horizontes de indagación	9

CAPÍTULO I

1. UNA APROXIMACIÓN A LAS COMPLEJAS RELACIONES ENTRE CONGNICIÓN, APRENDIZAJE Y CULTURA	12
1.1. La perspectiva sociocultural de Lev Semionovich Vigotsky	12
1.2. El concepto de representación: intersección de las perspectivas epistemológica y cognitiva	23
1.2.1. Las representaciones y el carácter sociocultural del conocimiento	23
1.2.2. Una aproximación a la descripción de la naturaleza y a la clasificación de las representaciones	28
1.2.3. Los sistemas semióticos externos y sus funcione	30
1.2.4. Las representaciones externas como legado cultural desde la perspectiva de Stephen Toulmin	42
1.3. La racionalidad: más allá de las deducciones lógico matemáticas	49

CAPÍTULO II

2.	LA ECOLOGÍA REPRESENTACIONAL COMO PROCESO PLURAL, DINÁMICO Y COMUNAL	55
2.1.	Paradigma: una variante conceptual precedente	55
2.2.	Ecología intelectual como concepto seminal	60
2.3.	Ecología conceptual: una variante novedosa en el campo de la Educación en Ciencia	74
2.4.	La ecología representacional: una variante conceptual para la comprensión del aprendizaje como actividad cultural	80
2.5.	Las representaciones sociales y sus posibles relaciones con el aprendizaje de las ciencias	83
2.5.1.	Las representaciones sociales: más que reciclaje de saber científico	83
2.5.2.	Las representaciones sociales y los procesos de construcción didáctica	92

CAPÍTULO III

3.	EDUCACIÓN EN CIENCIAS Y ARGUMENTACIÓN: LA PERSPECTIVA DE STEPHEN TOULMIN COMO POSIBLE RESPUESTA A LAS DEMANDAS Y DESAFÍOS CONTEMPORÁNEOS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES	98
3.1.	La educación en ciencias: propósitos y perspectivas	98

3.2.	La propuesta epistemológica de Stephen Toulmin: razonabilidad como concepto central	103
3.3.	Implicaciones de la propuesta toulminiana en la educación en ciencias	106
3.4.	Consideraciones respecto a la enseñanza para la argumentación	112

CAPÍTULO IV

4.	SUSTANCIA EN EL DEVENIR DE LA QUÍMICA: DIME CÓMO TE BUSCAN Y TE DIRÉ QUIEN ERES	117
4.1.	Introducción: una lectura desde la perspectiva histórico epistemológica de Stephen Toulmin	117
4.2.	Sustancias: entre inscripciones gráficas, documentos, extractos naturales y materiales sintéticos	124
4.3.	Entre realidades, ficciones y representaciones: hacia la precisión de posturas epistemológicas	129
4.4.	Entre una gama de explicaciones, polaridades y coexistencias, una reconstrucción de significados	131
4.4.1.	Las sustancias como principios ocultos: hilos difíciles de romper	131
4.4.2.	Perspectiva analítica en diálogo con la especulación: hacia la construcción de la Química moderna	137
4.5.	Búsqueda de sustancias, entre metafísica y praxis: el trabajo del alquimista	142
4.5.1.	Entre sustancias esquivas y transmutaciones	142

4.5.2.	Legado cultural a la Química moderna	145
4.6.	En la búsqueda de la composición de las sustancias: las condiciones de posibilidad de la Química como disciplina autónoma	147
4.7.	El flogisto: alcance explicativo y limitaciones en relación con procesos de composición y descomposición	153
4.8.	Entre aire, tierra, agua y fuego: nuevos estatutos ontológicos y procesos epistemológicos –más allá de las diferencias entre materia corpórea y materia rara–	156
4.9.	El álgebra en la Química: el significado operativo de sustancia simple, la primacía de los hechos y su relación con el lenguaje	161
4.10.	Elemento: un concepto que se constituye en nodo de una reelaboración de significados en el ámbito de un problema de enseñanza	169
4.11.	A modo de cierre conclusivo respecto a esta aproximación al devenir de sustancia	173
4.12.	Algunas implicaciones para la enseñanza	175

CAPÍTULO V

5.	HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA ECOLOGÍA REPRESENTACIONAL: EL CASO DE MAESTROS EN FORMACIÓN, EN EL SEMINARIO DE LÓGICA DE LAS CIENCIAS	179
5.1.	La vía metodológica elegida y la perspectiva epistemológica asumida	179
5.1.1.	El estudio de caso interpretativo como camino a transitar en la construcción del objeto de investigación	179
5.1.2.	En relación con lo que se constituye objeto de estudio: el grupo de estudiantes y su producción académica	182

5.1.3.	Los análisis de contenidos: la categorización como entramado de relaciones de unidades de registro y unidades de contexto, en el marco de las dinámicas del seminario	185
5.1.4.	Acerca de las categorías de análisis	188
5.2.	Hallazgos derivados de las categorías de análisis	191
5.2.1.	Algunas Cuestiones preliminares	191
5.2.2.	En relación con la perspectiva epistemológica privilegiada	193
5.2.2.1.	Del racionalismo hacia la razonabilidad	196
5.2.2.1.1	Acerca del racionalismo científicista	196
5.2.2.1.2	En la búsqueda de de otros cánones de científicidad: la razonabilidad	200
5.2.2.2	Del empirismo y el realismo radicales hacia la valoración de una perspectiva representacional del conocimiento	203
5.2.2.2.1	Acerca del empirismo y el realismo ingenuo	203
5.2.2.2.2	Reconocimiento al carácter simbólico y representacional de los conocimientos y al papel de los lenguajes en la construcción del mismos	207
5.2.2.3	Una perspectiva epistemológica moderada y sus posibles implicaciones	211
5.2.2.3.1	Un reconocimiento a la pluralidad de perspectivas epistemológicas y a las ciencias como actividades culturales, sin explicitar desde qué lugar del proceso de enseñanza y aprendizaje lo hace	212
5.2.2.3.2	Perspectiva epistemológica moderada como condición de posibilidad para cualificar la enseñanza y el aprendizaje	214

5.2.3	Hacia la construcción de un nicho para la Argumentación en la enseñanza y el aprendizaje	219
5.2.3.1	Entre una pluralidad semántica: aceptación de significados y aprendizaje crítico	220
5.2.3.2	En la pluralidad, un lugar para la racionabilidad y la argumentación sustantiva	223
5.2.4	Algunos componentes valorativos de la Ecología representacional	227
5.3	Análisis de modelos argumentales de tipo toulminiano – MAT– sus componentes y las relaciones entre los mismos	234
5.3.1	Los MAT analizados: A modo de ejemplos	241
5.3.2	Sobre las diversas características halladas en los elementos de los MAT	246
5.3.3	En relación con las conclusiones o aseveraciones	253
5.3.4	En relación con los datos	258
5.3.5	Los respaldos o sustentos a los datos	264
5.3.6	Acerca de las garantías y los respaldos de las mismas	266
5.3.7	Las refuraciones o falsaciones como elemento problematizador de la argumentación sustantiva	271
5.4	Las perspectivas epistemológicas como condiciones de posibilidad para la construcción de propuestas de enseñanza que propicien la argumentación sustantiva	276
5.5	Las valoraciones en torno al Seminario como preámbulo a la cuestiones a destacar en este estudio	292

CAPÍTULO VI

6. A MANERA DE CIERRE: DESDE NUESTROS HALLAZGOS HACIA POSIBLES HORIZONTES DE INDAGACIÓN	296
6.1. Cuestiones que nos interesa destacar	296
6.2. Perspectivas en el horizonte de futuro	302
6.3. En relación con los alcances de algunos de nuestros presupuestos	306
BIBLIOGRAFÍA	308
ANEXOS	323

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Pág.
Figura 1.1	Esquematación de una posible clasificación de las representaciones.	29
Figura 1.2	Representación de un espectrógrafo de masas	33
Figura 1.3	Representación de orbitales tipo <i>p</i>	34
Figura 1.4	Aspectos de la complejidad de los conceptos científicos.	44
Figura 2.1	Estructura del paradigma a modo de lente monocromática.	57
Figura 2.2	La dinámica de la ecología intelectual: modelo evolutivo de innovación y selección.	66
Figura 2.3	La ecología intelectual: un proceso cultural cambiante.	68
Figura 2.4	El aprendizaje como cambio conceptual.	75
Figura 2.5	Elementos a considerar en una dinámica de la ecología representacional.	82
Figura 3.1	Pertinencia y propósitos de la Educación en Ciencias.	99
Figura 3.2	Implicaciones de una postura epistemológica moderada.	100
Figura 3.3	La argumentación como competencia básica en la construcción de conocimientos.	101
Figura 3.4	La argumentación como articulación de procesos sociológicos con los epistémicos del ámbito individual.	107
Figura 3.5	Los propósitos actuales de la educación en ciencias y su relación con la propuesta de enseñanza y aprendizaje, como procesos centrados en la argumentación sustantiva.	109
Figura 3.6	Racionabilidad como concepto que permite tomar distancia del dogmatismo científicista e implica aceptar los rasgos sociológicos de la construcción de conocimiento.	112
Figura 4.1	El aprendizaje como proceso de apropiación de un legado cultural que incluye, de forma prioritaria, sus posibilidades de cambio.	120
Figura 4.2	Preguntas y exigencias de validez permanecen por siglos, no así las respuestas a tales cuestiones.	133
Figura 4.3	Las relaciones del conocimiento humano con la tríada pensamiento, lenguaje y realidad, desde la perspectiva de los antiguos filósofos.	133

Figura 4.4	El modelo explicativo atomista, dominante aún en nuestros días, fue relegado por asuntos religiosos y políticos durante varios siglos.	135
Figura 4.5	Los análisis sistémicos propios de la teoría de la continuidad se oponen a los análisis definitivos implicados en la teoría atómica.	136
Figura 4.6	Los laboratorios de los alquimistas: santuarios que hoy son un valioso legado cultural de su ontología y su epistemología	143
Figura 4.7	Cambios, transmutación y purificación: metas posibles aunque sólo para los iniciados en los saberes alquímicos.	144
Figura 4.8	Tabla de afinidades de Etienne François Geoffroy	150
Figura 4.9	Con la añoranza del rigor matemático, Lavoisier sostiene una concepción sensualista en las relaciones de conocimiento.	164
Figura 5.1	Elementos constituyentes de la arquitectura de la ecología representacional.	189
Figura 5.2	Modelo argumental elaborado por Violeta para sustentar que el agua de la llave es una mezcla.	241
Figura 5.3	Frecuencia de los rasgos o niveles de cada característica en los diferentes elementos de los MAT.	247
Figura 5.4	La pertinencia: frecuencia de sus rasgos en los elementos del MAT.	248
Figura 5.5	Frecuencia de los rasgos que describen que tan adecuada es la información en cada elemento del MAT.	250
Figura 5.6	La frecuencia de los diversos niveles de coherencia que se presentan entre los elementos de los MAT.	251
Figura 5.7	Las frecuencia de los diferentes rasgos que describen que tan necesaria es la información incluida en algunos elementos de los MAT.	252
Figura 5.8	Frecuencia de la suficiencia o insuficiencia de la información incluida en algunos elementos de los MAT.	253
Figura 5.9	Distribución porcentual de rasgos característicos de las conclusiones.	253

Figura 5.10	Conclusiones adecuadas, en relación con lo adecuado o no de otros elementos.	255
Figura 5.11	Conclusiones inadecuadas en relación con lo adecuado o no de otros elementos	256
Figura 5.12	Frecuencia de los diversos rasgos hallados en los datos	259
Figura 5.13	Frecuencia de los diversos rasgos hallados en los respaldos o sustentos a los datos	265
Figura 5.14	Frecuencia de los diversos rasgos hallados en las garantías de los argumentos	266
Figura 5.15	Frecuencia de los diversos rasgos hallados en las refutaciones de los argumentos analizados	273

LISTA DE ANEXOS

Anexo	Título	Pág.
Anexo 1	Plan de estudios de la Licenciatura en Educación Básica, Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental	323
Anexo 2	Programa del Seminario Lógica de la Ciencias	324
Anexo 3	Algunos indicadores de posturas epistemológicas	328
Anexo 4	Un acercamiento a la perspectiva epistemológica de Stephen Toulmin	330
Anexo 5	Consideraciones sobre las ciencias	334
Anexo 6	El MAT como estrategia metacognitiva y de explicitación de conocimientos	335
Anexo 7	Matriz de análisis de los modelos argumentales de Toulmin	336

HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA ECOLOGÍA REPRESENTACIONAL: APROXIMACIÓN AL APRENDIZAJE COMO ARGUMENTACIÓN DESDE LA PERSPECTIVA DE STEPHEN TOULMIN

RESUMEN

En el marco de una perspectiva epistemológica desde la cual se considera que hacer ciencia implica prioritariamente discutir, razonar, argumentar, criticar y justificar ideas y explicaciones; y que en concordancia, enseñar y aprender ciencias tiene que ver con actividades discursivas que posibiliten la apropiación de herramientas culturales y de nuevas formas de entender racionalmente el mundo contemporáneo – de ciencia, tecnología y comunicación –, asumimos en esta tesis la tarea de reivindicar el significado y el papel que Stephen Toulmin asigna al concepto *racionabilidad*; en coherencia con este propósito, indagamos acerca del devenir histórico del concepto sustancia y en torno al mismo, nos involucramos en la tarea de fomentar una actitud crítica en las clases de ciencias.

Para Toulmin la flexibilidad intelectual es el motor de la dinámica inherente a la cultura científica, el factor subyacente a los cambios en las maneras científicas de representar y explicar los fenómenos. Desde su punto de vista, sólo una apertura a la crítica hace posible una mejora en las explicaciones propuestas por los científicos y, por tanto, la educación en ciencias, *enculturación*, es un proceso que implica legar a quienes se forman en una disciplina, la capacidad crítica y propositiva que permite tales mejoras.

En este orden de consideraciones, esta tesis asume el propósito de hallar algunos de los componentes y características de la *ecología representacional* que comparte, en el Seminario de Lógica de las Ciencias, un grupo de estudiantes que se forma como profesores en la Licenciatura en Educación Básica, énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental; curso en el que desde una perspectiva epistemológica moderada,

se busca propiciar el aprendizaje y el uso de la lógica sustantiva de perspectiva toulminiana, concretamente el Modelo argumental de Toulmin – MAT –.

A la construcción de esta ecología representacional articulamos nuestras indagaciones acerca del devenir del concepto sustancia en la historia de la Química; pesquisa que nos permite reivindicar el carácter no dogmático y siempre problematizador de los asuntos científico y que en concordancia con Toulmin, nos invitan a promover una enseñanza que incentive el reconocimiento a las pluralidades y propicie la crítica; una enseñanza para la argumentación.

Asumimos las indagaciones que nos llevan a la construcción de la ecología representacional restringiendo las mismas a cuestiones de orden ontológico, epistemológico, disciplinar y valorativo que tienen que ver con los significados que otorgan los participantes del Seminario al concepto *sustancia* y a otros que con éste se relacionan, en discusiones y reflexiones propuestas en dicho espacio.

Buscamos comprender la dinámica inherente a dicha ecología en tanto proceso sociocultural en el que se ponen en uso conocimientos ya adquiridos y se emprenden nuevos aprendizajes, al tiempo que las actividades propias del Seminario permiten discusiones desde las cuales los seminaristas pueden examinar sus puntos de vista, sus explicaciones y, en general sus saberes.

Así, las actividades de este espacio de aprendizaje se constituyen en estrategias de indagación para la investigación que nos ocupa. Estas indagaciones las asumimos desde un marco de investigación cualitativa, con base en el análisis de contenido hecho a textos escritos que constituyen la producción académica de los estudiantes en dicho curso. Es de resaltar que lo hallado en esta producción, tiene profundas relaciones con las estrategias pedagógicas del Seminario.

A nuestro interés pedagógico y didáctico de incentivar la argumentación sustantiva en las clases de Ciencias y en especial en las clases de Química, articulamos las indagaciones de esta investigación para señalar el valor del MAT como estrategia didáctica que hace posible una autorregulación de los aprendizajes. Resaltamos esta cuestión como uno de los hallazgos más importantes de este trabajo y presentamos este modelo de argumentación como rejilla que nos ha permitido recabar algunos datos y analizarlos.

Respecto a los componentes y a la dinámica de la ecología representacional, los análisis nos permiten decir que priman en ella rasgos de una perspectiva epistemológica moderada; no obstante, algunos seminaristas expresan sus concordancias con visiones empiristas, racionalistas y, en especial, con un dogmatismo de difícil remoción o cambio. Cuestiones que inferimos de, por ejemplo, las dificultades en la construcción de refutaciones y el uso frecuente de definiciones del tipo “verdades incuestionables” tomadas de libros de texto; además de la presencia de enunciados que de algún modo develan tales visiones.

Articuladas a dichas características, inferimos la presencia de un saber disciplinar que los mismos seminaristas reconocen como poco apropiado; no obstante, la construcción de propuestas de enseñanza, a la que se ven abocados los participantes del Seminario como producto final de este espacio de aprendizaje, permite identificar algunos logros importantes respecto a lo disciplinar y a la articulación de este ámbito con reflexiones de orden epistemológico.

En síntesis podemos decir que al modo de las ecologías intelectuales, hallamos una ecología representacional dinámica, que deviene en cambios, permanencias, rupturas, avances y vueltas atrás; así como en consensos, disensos, pluralidades o diversidades. Un marco en el cual la argumentación y, en especial el MAT, cobran importancia y son reconocidos por los propios participantes como estrategias que incentivan la flexibilidad intelectual, es decir, que promueven la apertura a procesos de aprendizaje en los cuales es posible trascender el dogmatismo imperante en las clases de ciencias.

Palabras clave: Modelo argumental de Toulmin, razonabilidad, ecología representacional, argumentación, sustancia.

INTRODUCCIÓN

A modo de presentación: contextualización del objeto de estudio

El narrador, un cuadrado de edad madura, primero sueña que visita el País de las Líneas, región decepcionante cuyos habitantes sólo pueden desplazarse de un punto a otro. Entonces su nieto, un hexágono, le sugiere la posibilidad de una tercera dimensión, de un reino donde las cosas se mueven, no sólo de arriba a abajo y de izquierda a derecha. El cuadrado se enfada y niega esta absurda idea. Pero al caer la noche se topa con una esfera, que habita el País del Espacio, lo que sacude todas sus ideas. Entonces grita de viva voz: ¡Es la locura o bien es el infierno! pero la esfera le responde tranquilamente. Ni una cosa ni la otra; es el conocimiento, son las tres dimensiones. Abre bien los ojos y trata de observar correctamente.

Flatland

En relación con la postura epistemológica subyacente

Al resaltar cómo profundas diferencias en las maneras de *ver* y *representar* el mundo nos pueden llevar a considerar que los demás están equivocados, que tienen visiones deformadas o no racionales de la *realidad*, el epígrafe anterior, citado en Moscovici y Hewstone (1986, p.695), nos permite introducir cuestiones centrales de la postura epistemológica subyacente en este trabajo y, en especial, dos conceptos importantes en el mismo: *representación* y *racionalidad*, estrechamente relacionados. El primero, permite tomar distancia de las visiones empiristas del conocimiento como aprehensión directa de la realidad; respecto al segundo, acogemos el significado que implica deslindar dicho concepto de la lógica formal, para proponer la expresión de la

racionalidad como flexibilidad intelectual y comprensión de otras formas de ver, esto es, en términos de *racionalidad* (Toulmin, 2003, 2006).

Partiendo de considerar que hacen parte de una cultura, los caminos que siguen los grupos sociales para representar y explicar racionalmente su mundo, es decir, las formas de comunicación, los lenguajes, los códigos, los signos, los símbolos, así como, sus herramientas y técnicas, acogemos como eje central de nuestras reflexiones la epistemología toulminiana y su concepto *disciplina científica* como cultura en permanente transformación, con una incesante generación de preguntas y problemas, invención de explicaciones, construcción de herramientas conceptuales e invención de elementos tecnológicos; componentes cuyo carácter dinámico exige siempre disponibilidad al cambio.

El filósofo Stephen Toulmin (1977), aporta a la comprensión de la evolución disciplinar en términos de lo que él denomina *ecología intelectual* y, coherente con dicha concepción, asigna al aprendizaje el significado de inmersión en la cultura científica, en sus palabras, *enculturación*.¹ Desde su perspectiva, la educación en ciencias y, específicamente, la educación científica se constituyen en procesos llamados a permitir la apropiación de un acervo cultural, lo que implica, de un lado, compartir preguntas, problemas, ideales explicativos, conceptos y sus significados; y, de otro, no menos importante, incentivar las posturas críticas que hacen posible la dinámica evolutiva inherente a cada cultura disciplinar.

Al respecto, nos parece importante señalar que entender el aprendizaje como flexibilidad intelectual y apertura al cambio, conlleva un distanciamiento tanto de vertientes empiristas, como de aquellas consideraciones que relacionan de manera directa la racionalidad y la lógica formal y de los enfoques que resaltan, a modo de propósito de las disciplinas, la búsqueda de verdades. En este sentido, concordamos con la propuesta de Moreira, M. (2005) en relación con la necesidad de propender por un aprendizaje crítico desde el cual sea posible tomar distancia de las posturas dogmáticas que han sido hegemónicas.

¹ En términos toulminianos el concepto *enculturación* alude estrictamente a la formación científica de los intelectuales de una disciplina específica. Desde nuestro punto de vista, la Educación en Ciencias en la enseñanza básica y los estudios de profesionalización o de pregrado, se constituye en punto de partida de la enculturación como proceso dinámico que se concreta en maestrías y doctorados.

En este orden de consideraciones, es nuestro interés resaltar los procesos de educación en ciencias, como espacios en los cuales hay interacción de diferentes conocimientos o saberes: el conocimiento científico disciplinar, los saberes de sentido común y, el que Chevallard, Y. (1991) denomina *saber enseñado* o didactizado, entre otros, que forman un conjunto de representaciones compartidas por un grupo de estudiantes en un contexto específico, lo que se constituye en una gama de posibilidades informativas y explicativas, no en una situación dicotómica. Una gama o espectro con una dinámica propia.

A este espectro o gama lo llamaremos *ecología representacional*, un concepto relacionado, pero diferente al de *ecología intelectual* utilizado por Toulmin, S. (1977) y al de *ecología conceptual* utilizado por Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982) en el Programa de Investigación en Cambio Conceptual. Sobre estos conceptos y sus interrelaciones profundizamos en esta tesis. Vale aquí anticipar que contra visiones empiristas, el concepto *ecología representacional* alude a que nuestros conocimientos son de orden eminentemente representacional,² simbólico y cultural; en tal sentido, priorizamos los aspectos de orden sociológico como parte de lo que *es* el aprendizaje y no sólo como factores de los cuales el aprendizaje *depende*, asunto en el cual tomamos distancia de posturas como las de Strike y Posner (1985).

En relación con lo anterior, resaltamos que el aprendizaje como apropiación de un legado cultural involucra la apertura a la crítica, esto es a la flexibilidad intelectual y, en palabras de Toulmin, a la razonabilidad que hace posible compartir significados o distanciarse de ellos para proponer nuevas explicaciones. Desde este punto de vista, hallamos pertinente y adecuado acoger los presupuestos teóricos de la línea de investigación que propone el aprendizaje como argumentación,

En coherencia con la epistemología toulminiana, esta línea de investigación plantea que aprender a *pensar bien* o a *razonar* es aprender a expresar razonamientos, de tal manera, que puedan ser comprendidos y evaluados por nosotros mismos y por nuestros

² Al respecto, conviene recordar que, desde mediados del siglo pasado, y como una respuesta contundente a la hegemonía de la visión conductista respecto al conocimiento, las preguntas sobre éste se han centrado principalmente en el estudio de la *mente* como sistema interno de tipo representacional, que procesa información con base en el manejo de sistemas de signos y símbolos. Desde este enfoque se reconoce que, para comprender el mundo se requiere construir representaciones mentales adecuadas y que éste es un proceso complejo y no trivial (Greca & Moreira, 1997, 1998, 1999, 2000a, 2000b; Lagreca & Moreira, 1999).

interlocutores. En esta vía, valoramos los procesos argumentativos como expresión de nuestra racionalidad y, en este sentido, nos proponemos la identificación de algunos aspectos de la ecología representacional de un grupo³ de estudiantes que comparte el Seminario de Lógica de las Ciencias, cuyo eje central de reflexiones es la propuesta toulminiana sobre argumentación, Modelo Argumental de Toulmin, en adelante, MAT.

En relación con los referentes teóricos

En esta investigación nos situamos en el problema de indagar acerca de la naturaleza dinámica y plural del conjunto de representaciones respecto al concepto *sustancia*, compartidas por un grupo de estudiantes y, al respecto, nos preguntamos: ¿Cuáles son algunos de los componentes y características de la *ecología representacional* del grupo de estudiantes de la Licenciatura en Educación Básica, énfasis Ciencias Naturales y Educación Ambiental, que comparten el Seminario de Lógica de las Ciencias en el segundo semestre académico del año 2007, en relación con los significados del concepto *sustancia*?

Conviene tener en cuenta que esta cuestión implica considerar que en dicha ecología se conjugan, entre otros asuntos, lo individual y lo colectivo; los consensos y los disensos; las novedades y los conocimientos ya adquiridos; y, de manera particular, los aspectos socioculturales, entre éstos los lenguajes.

Dada la complejidad del objeto de estudio es prioritario reconocer que la comprensión y análisis del mismo, aunque siempre parcial, sólo es posible si se ilumina con diferentes fuentes teóricas, de tal manera que algunas de ellas permitan ver aspectos que otras dejan opacos u oscuros. Aunque los referentes teóricos tienen como punto de intersección su mirada a los procesos de construcción de conocimiento desde la *perspectiva sociocultural*, ellos son diferentes y complementarios.

³ Conformado por siete estudiantes de pregrado, matriculados en el programa de Licenciatura en Educación Básica, énfasis Ciencias Naturales y Educación Ambiental, ofrecido por la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia -Medellín, Colombia-. La indagación se realiza durante el segundo semestre académico del año 2007.

Al respecto, anotamos que para una mejor comprensión de los asuntos planteados por las diversas fuentes teóricas, en la perspectiva de presentar con mayor profundidad las consideraciones que éstas sustentan y dada la importancia que les es inherente, optamos por exponer nuestro marco referencial dosificado en diversos capítulos, explicitando las relaciones entre los mismos y con el objeto de nuestra investigación. En este sentido, la revisión bibliográfica que sustenta este escrito la desplegamos a lo largo del mismo.

Es la perspectiva toulminiana ⁴ la que implícita y explícitamente permea y vertebrada este trabajo y, por lo tanto, se hace presente en todos los capítulos y apartados. No obstante, es el capítulo II el texto en el cual, en torno al despliegue del concepto *ecología representacional*, presentamos en profundidad el concepto *ecología intelectual* y articulamos las consideraciones toulminianas sobre las ciencias y su evolución con algunos trabajos del campo de la Educación en Ciencias que toman explícitamente sus aportes, ⁵ así como, con las contribuciones de otros epistemólogos de las ciencias. Incluimos en el mismo capítulo algunas cuestiones de la Teoría de las representaciones sociales, como epistemología del denominado conocimiento de sentido común.

Esta perspectiva epistemológica la ponemos en diálogo con referentes de campos como el de la cognición y, en este diálogo, hallamos ineludible retomar aspectos de los aportes de Lev Vigotsky, pionero en la perspectiva que alude a la construcción social de conocimiento. Siguiendo la propuesta vigotskiana, resaltamos que en la construcción de conocimientos, en el aprendizaje, son importantes los aspectos culturales y sociales, como también lo son los asuntos del ámbito individual.

Por la importancia de los aportes vigotskianos abrimos con ellos el capítulo I, sobre los complejos tejidos de relación entre cognición, aprendizaje y cultura; y, en el mismo, articulamos el trabajo de Vigostky con investigaciones más recientes en la perspectiva sociocultural. Destacamos, entre otros, los aportes de investigadores que han indagado

⁴ Este trabajo tiene como fuentes primarias algunas obras completas de este filósofo, referenciadas en la bibliografía.

⁵ En el marco de estos estudios se destaca la línea que, dentro del *Programa de Investigación en Cambio Conceptual*, se ocupa del aspecto sociocultural de los procesos de aprendizaje y, aunque nuestro interés en este trabajo se aparta de este Programa, retomamos aportes de sus investigaciones, especialmente, las realizadas en el marco de la línea enunciada: la perspectiva sociocultural.

en el campo de sistemas semióticos de representación externa (por ejemplo: Duval, 2004a, 2004b; así como, los citados en Martí & Pozo, 2000).

Siguiendo dicha perspectiva, en el capítulo III⁶ presentamos planteamientos teóricos y metodológicos de investigaciones que han dado relevancia a los procesos de argumentación como procedimientos socioculturales, es decir, como expresiones o externalizaciones de razonamiento y como entramados de procesos epistémicos, susceptibles de ser enseñados y aprendidos. Aludimos a indagaciones estrechamente relacionadas con la construcción de explicaciones y significados en los contextos del aula de clase (por ejemplo, Driver, Newton & Osborne, 2000; Dusch, Ellenbogen & Erduran, 1999; Jiménez-Aleixandre, 2005; Kelly & Takao, 2002, Kuhn, D., 1992, 1993; entre otros).

En esta malla de relaciones, está inmersa nuestra propuesta de aludir a la *ecología representacional* como conjunto de representaciones compartidas por un grupo de estudiantes, ecología cuya dinámica, en el caso de este trabajo, gira en torno al aprendizaje de asuntos relacionados con la argumentación sustantiva. Guardando las debidas restricciones, con base en el presupuesto toulminiano referido a que apropiar una cultura implica apertura intelectual, proponemos la argumentación sustantiva como estrategia que posibilita caminos opuestos al dogmatismo cientificista que ha dominado en los procesos de aprendizaje, particularmente de las ciencias naturales.

En esta línea de consideraciones, como preámbulo al estudio de la ecología representacional, en el capítulo IV⁷ presentamos un acercamiento histórico-epistemológico al concepto *sustancia*, sus acepciones y significados, y algunas relaciones con otros componentes de las posibles *ecologías intelectuales* de la historia de la Química como disciplina. En términos toulminianos, buscamos la *racionalidad* immanente al devenir de explicaciones en el campo de la Química.

Ilustramos, *grosso modo*, este devenir disciplinar del concepto en cuestión, con alusiones a los aportes de: algunos filósofos griegos, la Alquimia, la Iatroquímica, la

⁶ Capítulo publicado en la *Revista Electrónica Enseñanza de las Ciencias -RELEEC-*, de la Universidad de Vigo -España-. Lo referenciamos como Henao, B. y Stipcich, S. (2008).

⁷ Una síntesis de este capítulo está publicado en la *Revista Ciência & Educação*, de la Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) de Brasil. Lo referenciamos en esta tesis como: Henao, B. y Stipcich, S. & Moreira, M.A. (2009).

Teoría del Flogisto, las propuestas de Antoine Lavoisier y algunos aportes de sus antecesores, colaboradores y detractores en lo que se ha denominado Química Moderna; los aportes de Joseph-Louis Proust en relación con las leyes ponderales de combinación; así como, la Teoría Atómica de John Dalton, las precisiones de Dimitri Mendeleiev y algunos aspectos de modelos contemporáneos.

Dadas las condiciones de posibilidad que tienen que ver, de un lado, con el referencial teórico elegido y, de otro, con el sendero trasegado en términos de lo *metodológico*, que presentamos brevemente en lo que sigue y desarrollaremos con mayor amplitud en el capítulo V, arribamos a la construcción de una *ecología representacional* con base en los hallazgos que narramos en ese mismo capítulo y que sintetizamos en el capítulo VI, a modo de cierre, con la pretensión de destacar asuntos que desde nuestro punto de vista son una invitación a continuar con las indagaciones y las discusiones aquí planteadas y otras que de ellas se deriven.

Respecto a las cuestiones de orden metodológico

Desde una postura epistemológica para la cual la historia y la epistemología de las ciencias se constituyen en referentes teóricos importantes para la construcción de propuestas pedagógicas y priorizando la perspectiva toulminiana de reivindicar el valor de la *racionalidad* como factor impulsor de cambios en la construcción de conocimientos científicos, la pregunta que guía esta investigación y que encamina el trabajo hacia la posibilidad de construir la ecología representacional o conjunto de representaciones compartidas por el grupo, en torno al concepto sustancia, requiere ser complementada y profundizada por el análisis a lo que denominamos: devenir histórico del concepto *sustancia*.

En este sentido, nos trazamos como propósitos de este estudio las siguientes cuestiones:

1. Desde la perspectiva epistemológica de Stephen Toulmin, pretendemos analizar algunos elementos y procesos que caracterizan el devenir histórico del concepto sustancia, con el fin de identificar complejas redes que se tejen entre los diversos

componentes de lo que este autor denomina ecología intelectual; así como, los nichos de la *racionalidad* y la *representación* en las dinámicas de la misma.

2. A partir de los textos escritos por los estudiantes participantes del Seminario de Lógica de las Ciencias, quienes se forman como profesores(as) de Ciencias Naturales, buscamos identificar algunos elementos y procesos inherentes a la ecología representacional que en relación con el concepto sustancia, comparte dicho grupo, en un contexto de reflexiones en torno a la argumentación sustantiva.

3. Con base en el logro de los propósitos 1 y 2, pretendemos inferir algunas implicaciones para la enseñanza de la Química y, en general, de las ciencias naturales; especialmente, en lo que tiene que ver con la formación de profesores en estos campos.

En relación con el estudio acerca del devenir del concepto sustancia, optamos por una reconstrucción histórico–epistemológica, con base en el análisis de algunos textos de historiadores, epistemólogos, antropólogos de las ciencias; y, en algunos casos, de científicos. Entrelazamos y ponemos en tensión diversas fuentes con el fin de viabilizar la *comprensión* de condiciones de posibilidad para la emergencia, el reconocimiento, la hegemonía y el declive de modelos explicativos relacionados con significados, diversos y cambiantes, del concepto *sustancia*.

Respecto a la *construcción de ecología representacional* de un grupo de estudiantes consideramos que en el marco de la *investigación cualitativa*, el *estudio de caso interpretativo* nos ofrece una perspectiva de trabajo coherente con los propósitos planteados, puesto que buscamos interpretar y comprender algunos elementos y procesos del sistema representacional que hace posible la comunicación y la construcción colectiva de conocimiento en dicho grupo.

Por su naturaleza, el estudio de caso permite una visión profunda, amplia e integrada de una unidad compleja (Stake, 1998); demanda diversidad de fuentes de información y de estrategias para el análisis y la triangulación de los datos, dado que requiere la conciliación de los diversos puntos de vista o perspectivas con el fin de superar el relativismo y posibilitar la credibilidad del estudio.

En relación con las estrategias de investigación, este estudio privilegia el *análisis cualitativo de contenido* porque intenta *desentrañar* significados, posturas, consensos,

disensos, tensiones, entre otros aspectos, con base en los *documentos* que recogen la producción escrita que han elaborado los estudiantes en el transcurso del Seminario. Esta producción comprende textos tanto de autoría individual, como colectiva.

Nuestra opción por el *análisis de documentos*, como *registros escritos* de aquello que se comunica, parte de considerarlos materiales poco reactivos; no obstante, apartándonos de visiones positivistas, admitimos que se trata de la construcción del objeto de estudio, no exenta de sesgos de los investigadores y que como lo señala Piñuel, J. (2002), es conveniente tener en cuenta que el *contenido* no se des-vela o descubre de manera aséptica.

En relación con los asuntos metodológicos, resaltamos el uso que hacemos en este trabajo del Modelo Argumental de Toulmin como una herramienta que nos permite recoger algunos datos y analizarlos; aunque este uso se centra en indagaciones que tienen que ver con lo disciplinar, las inferencias que hacemos van más allá de este ámbito.

En relación con los hallazgos, cuestiones pendientes y posibles horizontes de indagación

Una mirada al devenir de la construcción de explicaciones relacionadas con el concepto sustancia, más allá de destacar los logros intelectuales de los científicos y visibilizar sus limitaciones, nos permite cuestionar la imagen dogmática de las ciencias, al tiempo que nos señala la necesidad de profundizar en indagaciones, no sólo sobre las buenas razones que hacen posible la aceptación consensuada de explicaciones, sino las razones por las cuales persisten explicaciones que desde otros contextos, son tachadas como erróneas e irracionales.

Tomando distancia de paralelos poco adecuados entre el devenir del conocimiento científico y los procesos de aprendizaje, resaltamos que como en el devenir de las ciencias, en el aula de clase confluyen interacciones de diversos referentes culturales y de diversas formas de comprender racionalmente el mundo. Un juego de interacciones que como en la historia de las disciplinas, no se resuelve con el simple reemplazo de

unas explicaciones por otras; por el contrario, implica siempre diálogos, tensiones y síntesis, entre otros múltiples procesos, a los que son inherentes y en los que juegan un papel importante, los aportes de mediadores como los profesores y los libros de texto, entre otros.

En este sentido, podemos decir que la ecología representacional construida es dinámica, en el sentido del devenir, no en el sentido evolutivo teleológico. De ella hacen parte: perspectivas, creencias, valores, modelos, conceptos, puntos de vista; así como, ilusiones, propósitos, problemas y retos que invitan a su movilización y transformación mediante procesos de aprendizaje.

Así, en los rasgos o características que encontramos como constituyentes de la ecología representacional y de su devenir, podemos destacar que más allá de lo que los mismos participantes reconocen como conocimiento inadecuado en lo disciplinar, detectamos una interesante disposición a la aceptación de perspectivas epistemológicas contemporáneas, tendencia que se entrecruza con algunos rasgos de dogmatismos en relación con la aceptación acrítica de ciertas cuestiones y la dificultad para mudar algunas concepciones, creencias y valores. También destacamos en esta ecología una apertura a la autocrítica y el reconocimiento a que ésta es posible mediante el uso de la argumentación toulminiana.

En concordancia con los hallazgos del estudio, retomando a Toulmin, entendemos la *racionalidad o flexibilidad intelectual* como actitud que dinamiza la construcción de conocimiento y está a la base de un uso crítico y constructivo de las ciencias; planteamos la argumentación como proceso que hace posible la aceptación razonada, no dogmática, de una explicación. En suma, proponemos incentivar una formación para el debate, la crítica, el consenso, el disenso y el reconocimiento a las diversidades sobre la base de explorar las limitaciones y los obstáculos que se cruzan y que conviene enfrentar en la vía de propiciar la enseñanza para aprender a argumentar.

En lo que sigue, presentamos los principales aportes de las fuentes teóricas seleccionadas, su valor intrínseco, las relaciones entre las mismas y sus posibles contribuciones específicas en el proceso de elucidación y caracterización de una *ecología representacional*. Como lo anotamos, el eje vertebrador de estos referentes es el trabajo de S. Toulmin, no obstante, en relación con el mismo, abrimos nuestras

discusiones teóricas con los aportes de Lev Vigotsky, pionero en la comprensión del aprendizaje desde una perspectiva sociocultural

CAPÍTULO I

1 UNA APROXIMACIÓN A LAS COMPLEJAS RELACIONES ENTRE CONGNICIÓN, APRENDIZAJE Y CULTURA

1.1 La perspectiva sociocultural de Lev Semionovich Vigotsky

La importancia dada a los aspectos culturales, como: el uso de herramientas y signos en relación con el conocimiento, los planteamientos acerca de las relaciones entre el conocimiento de sentido común y el conocimiento científico, las posturas frente a las relaciones entre el pensamiento y el lenguaje, y entre lo individual y lo social, hacen de la Teoría Sociocultural del Desarrollo Cognitivo⁸ de Lev Vigotsky, un referente ineludible para el tipo de estudio que aquí proponemos. Por lo tanto, esta perspectiva teórica se constituye en un punto de partida y en marco conceptual fundamental para una aproximación a la comprensión del problema del cual nos ocupamos en esta investigación.

En oposición al conductismo, Vigotsky señala la importancia de indagar lo que hay en la mente de las personas, da importancia a los asuntos vetados por la psicología behaviorista, es decir, los asuntos relativos a la conciencia, al tiempo que reivindica el valor de los aspectos socioculturales. Plantea el principio explicativo del concepto *conciencia* en los siguientes términos: “El mecanismo de comportamiento social y el mecanismo de conciencia son el mismo (...) Somos conscientes de nosotros mismos porque somos conscientes de los demás” (Vigotsky, 1995, p.18).

En consecuencia, podemos decir que en la perspectiva vigotskyana, la conciencia humana en su sentido más pleno es, precisamente, contacto social con uno mismo. Ella tiene una estructura semiótica, puesto que está construida por signos que median la relación de una persona con las otras y consigo misma; tiene literalmente un origen cultural y, al mismo tiempo, tiene una función instrumental de adaptación (Moreira, 1995). De acuerdo con los planteamientos de Vigotsky, el desarrollo cognitivo es,

⁸ Denominada también Paradigma Sociocultural de la Psicología de la Educación (Hernández, 1998) o Teoría Sociointeraccionista (Greca & Moreira, 2000b).

fundamentalmente, la conversión de relaciones sociales en funciones mentales; de este modo, señala el carácter representacional de la mente humana.

En este orden de razonamientos, el llamado de Vigotsky a ocuparse de la conciencia se concreta en sus posturas acerca de que los procesos mentales superiores tienen origen en procesos sociohistóricos y culturales, que sólo pueden ser comprendidos cuando se analizan los instrumentos y los signos que median tales procesos, en los cuales la *cultura* entra a hacer parte del individuo posibilitando su desarrollo cognitivo. En otras palabras, podemos inferir que la internalización de instrumentos y signos es una reconstrucción íntima de los procesos sociohistóricos y culturales que se materializa en estos mediadores y de los cuales el sujeto se apropia.

En este sentido, para Vigotsky las funciones mentales superiores son producto de una actividad mediada por los instrumentos psicológicos y los medios de comunicación interpersonal que poseen una orientación interna y transforman las aptitudes y destrezas en funciones mentales superiores. Estos instrumentos son considerados construcciones artificiales de naturaleza semiótica, como: los gestos, los sistemas de lenguaje y de signos, las técnicas mnemotécnicas, los sistemas de toma de decisiones, entre otros.

Al respecto, este autor plantea una clara distinción entre las funciones mentales naturales o inferiores, como son: la percepción elemental, la memoria, la atención y la voluntad; y las funciones culturales o superiores, como: la memoria lógica, la atención selectiva, la toma de decisiones y la comprensión del lenguaje, las cuales devienen gradualmente como transformación de las primeras. Esta transformación de las funciones naturales en funciones culturales tiene como principio constructor los instrumentos psicológicos y las relaciones interpersonales (Kozulin, 1995).

Al hablar del desarrollo de las funciones psicointelectivas superiores, Vigotsky hace alusión a lo que para él es la ley fundamental del desarrollo o ley de la doble formación de los conceptos, así:

(...) Aparecen dos veces en el curso del desarrollo del niño: la primera vez en las actividades colectivas, en las actividades sociales, o sea, como funciones interpsíquicas; la segunda, en las actividades individuales, como propiedades internas del pensamiento del niño, o sea, como funciones intrapsíquicas [y agrega que] (...) estas funciones son específicamente

humanas y se forman en el curso de la historia del género humano, en un proceso absolutamente único (Vigotsky en Luria, Leontiev, & Vigotsky, 1986, p.36).

Desde su punto de vista, el lenguaje se origina primero como medio de comunicación entre el niño y las personas, y sólo posteriormente se transforma en lenguaje interno que hace posible el pensamiento del infante. Parafraseando a Piaget, Vigotsky dice que: “(...) sólo en el proceso de comunicación surge la posibilidad de verificar y confirmar el pensamiento” (en Luria y otros, 1986, p.36).

Este investigador, en su búsqueda sobre el desarrollo del lenguaje en relación con el pensamiento analiza el lenguaje y el habla considerándolas en su doble papel: primero, como instrumentos psicológicos que ayudan en la formación de otras funciones mentales y, segundo, como funciones mentales superiores que experimentan un desarrollo cultural. Al respecto Vigotsky (1995) plantea, en su análisis de las relaciones interfuncionales, que la relación entre el pensamiento y el habla es variable de acuerdo con el estadio del desarrollo evolutivo, sea éste de orden filogenético u ontogenético. En la búsqueda de la naturaleza de estas relaciones, y con base en estudios de tipo experimental, aborda las conexiones entre el signo y el concepto (Kozulin, 1995).

En este punto, es importante subrayar que en el programa vigotskiano se considera al lenguaje como el sistema de signos más importante por cuanto permite la descontextualización y, en relación con esto, considera que el habla es fundamental en el desarrollo del lenguaje. Según Vigotsky, la inteligencia práctica –referida al uso de instrumentos– y la inteligencia abstracta –referida a significados– se desarrollan en principio separadamente, pero luego convergen; esta convergencia se hace evidente cuando el niño comienza a hablar, mientras resuelve un problema, en un habla egocéntrica como utilización del lenguaje para mediar acciones.

De lo anterior inferimos que para Vigotsky, un comportamiento humano complejo, como la resolución de problemas, implica convergencia dialéctica entre la utilización de instrumentos y el uso de signos. En este proceso, el habla egocéntrica –que viene del habla social– da paso a la internalización, propicia la autonomía y permite el pensamiento abstracto, independiente del contexto, dando lugar a procesos mentales superiores como, por ejemplo, la formación de conceptos.

Para este autor, “El concepto no es una formación aislada, fosilizada e inmutable, sino una parte activa del proceso intelectual puesta continuamente al servicio de la comunicación, el entendimiento y la resolución de problemas”⁹ (1995, p.118). Desde esta perspectiva, el autor asume el estudio sobre la formación y el aprendizaje de conceptos y, al respecto, hace una diferenciación entre lo que para él son los verdaderos conceptos o conceptos científicos y los conceptos espontáneos.

Los *conceptos espontáneos* están vinculados a experiencias sensoriales, inmediatas y concretas y son característicos del pensamiento infantil; mientras que los *conceptos científicos* están en el ámbito de las abstracciones, libres de las ataduras sensoriales, su fortaleza tiene que ver con lo consciente y deliberado de su uso, y deben caracterizar el pensamiento de los adultos, lo que da lugar a considerar una diferencia radical entre estas dos formas de pensamiento.

Tanto los conceptos espontáneos como los conceptos científicos experimentan procesos de formación; estos procesos siguen direcciones opuestas, pero se interrelacionan, de tal forma que el concepto espontáneo o concepto cotidiano prepara el camino para el concepto científico y éste, a su vez, proporciona estructuras para el desarrollo ascendente de los conceptos espontáneos hacia la conciencia y su uso deliberado (Vigotsky, 1995). Esta liberalización de los referentes experienciales se realiza mediante la internalización de la palabra para usar representaciones más abstractas (Greca & Moreira, 2000b).

El proceso seguido en la formación de los conceptos en el nivel ontogenético, es descrito por Lev Vigotsky con base en un estudio experimental o artificial que le permite plantear cómo sería este desarrollo, en el caso ideal que no fuese interferido por la internalización previa de las palabras utilizadas en el experimento. Mediante la técnica de la doble estimulación, en un ejercicio que implica descubrir el significado de palabras *sin sentido*, utilizando bloques de diferentes formas, tamaños y colores, Vigotsky, establece la trayectoria del proceso de formación de conceptos (Greca & Moreira, 2000b).

⁹ Como mostramos más adelante, es notable la coincidencia entre las posturas de Vigotsky y las de Toulmin respecto al carácter evolutivo y cultural de los conceptos y su relación con el lenguaje.

En resumen, se puede decir que según la teoría vigotskiana, los procesos de formación de conceptos van en dos líneas: la primera, es la formación de *complejos*, en la cual el niño une objetos bajo un apellido común, proceso que incluye varios estadios. La segunda línea, es la formación de conceptos potenciales basados en la selección de atributos comunes. En ambas, el uso de la palabra mantiene su función de guía para la formación de los verdaderos conceptos.

Todo el análisis anterior sobre formación de conceptos, como el abordaje que hace Vigotsky al desarrollo de los conceptos científicos, dan cuenta de su postura crítica frente a la concepción tradicional que considera la formación de conceptos en analogía con el *retrato de familia* donde es fácil detectar los rasgos compartidos, desdibujando las diferencias, y donde la suma de dichos rasgos dará lugar al concepto. Al respecto Vigotsky, con base en sus estudios, dice que el retrato de familia alude a un esquema lógico no compatible con lo hallado en la realidad, en donde el proceso implica, en una forma muy compleja, un movimiento en una pirámide; movimiento que va de lo particular a lo general y de lo general a lo particular.

En relación con los conceptos científicos, o los verdaderos conceptos, el autor considera que no se adquieren de golpe sino que por el contrario, presentan un desarrollo que si bien sigue una vía contraria a la de los conceptos espontáneos, se relaciona con ésta de tal forma que se influyen mutuamente. En este sentido, el autor se refiere a la existencia de dos caminos diversos en el desarrollo de estas dos formas diferentes de razonamiento.

Una es la forma que alude a los conceptos espontáneos, que no conoce la sistematicidad y se remonta de los fenómenos hacia las generalizaciones, de lo particular a lo general; otra es la del pensamiento científico, donde el papel primordial lo juega la definición verbal inicial que al aplicarse sistemáticamente se va reduciendo, poco a poco, a los fenómenos concretos; y va de lo general a lo particular.

Para Vigotsky, los conceptos científicos son aprendidos por el niño en la instrucción formal, en un proceso que parte de presentarlos como definiciones verbales o aplicaciones a situaciones artificiales; de tal manera que el acceso a los mismos debe ser mediado por otros conceptos y sólo logran consolidarse cuando se aplican a situaciones concretas (Greca & Moreira, 2000b). Al respecto, el propio Vigotsky afirma

que “Comprender el desarrollo de los conceptos científicos en la mente del niño es necesario para elaborar métodos eficaces de instrucción del escolar en el conocimiento sistemático” (1995, p.153).

Vigotsky sustenta su postura al afirmar que existe un camino largo y complejo desde que un niño encuentra una palabra, hasta que logra asumir plenamente el concepto y la palabra correspondiente. Por consiguiente, si los conceptos deben experimentar un desarrollo, los significados de las palabras no pueden ser asimilados por el niño de forma inmediata y, en consecuencia, la enseñanza directa de los conceptos es imposible, estéril y da lugar al verbalismo y a la repetición mecánica.

Dicha postura permite, a este investigador, refutar enfoques, como el piagetiano y los de corte conductista, desde los cuales se admite que los conceptos, como productos acabados, son *absorbidos* mediante un proceso de asimilación y comprensión. A los planteamientos, de tipo conductista, Vigotsky responde reiterando el carácter complejo del proceso que hace imposible su enseñanza mediante ejercicios repetitivos.

En relación con el desarrollo de los conceptos científicos, en el marco de la instrucción escolar, Vigotsky plantea que enseñar a los niños a usarlos, es una experiencia que influye favorablemente en la formación de los mismos, de tal manera que la introducción deliberada de conceptos nuevos traza caminos para la formación de otros conceptos. Aquí el autor toma postura respecto a la relación entre aprendizaje y desarrollo y al importante papel de la escuela en este último.

Un planteamiento de gran interés para la Educación en Ciencias es el que Vigotsky explicita en su *teoría provisional*: “(...) el desarrollo de los fundamentos psicológicos de la instrucción en materias básicas no precede a ésta, sino que tiene lugar en una acción continua con sus aportaciones” (1995, p.178). Esto significa que la instrucción precede al desarrollo, pero que está sometida a las propias leyes del desarrollo y suscita en la mente del niño procesos que le permitirán, gracias a todo aquello que aprende, el uso consciente de sus habilidades.

En palabras del autor:

La instrucción escolar produce ese tipo de percepción generalizadora y, de ese modo, juega un papel decisivo para hacer al niño consciente de sus

propios procesos mentales. Los conceptos científicos con su sistema jerárquico de relación, parecen ser el medio en el cual se desarrollan primero la conciencia y el dominio, para trasladarse después a otros conceptos y a otras áreas del pensamiento. La conciencia reflexiva le llega al niño a través del portón de los conceptos científicos (1995, p.169).

Para aclarar lo dicho anteriormente, Vigotsky señala que los conceptos científicos y los conceptos espontáneos, además de revelar actitudes diferentes hacia el objeto de estudio, también tienen modos diferentes de representarlo en la conciencia; mientras que al concepto espontáneo se llega mediante la experiencia sensible, el proceso de adquisición del concepto científico implica ir más allá de la experiencia inmediata del niño y se realiza utilizando conceptos ya adquiridos. En este punto es importante pensar en la posible coincidencia de estos conceptos *mediadores* para la adquisición de conceptos científicos, y los *conceptos subsumidores* o *subsumidores* a los que hace referencia David Ausubel.

La descripción que hace Vigotsky con respecto a la adquisición de los conceptos científicos, al proponer que los rudimentos de sistematización entran primero en la mente del niño a través de un contacto con los conceptos científicos y después son transferidos a los conceptos cotidianos, cambiando su estructura psicológica de arriba abajo, deja ver que en sus planteamientos subyace el concepto de *aprendizaje significativo* que desarrolla posteriormente Ausubel. Al respecto afirma:

Nos parece obvio que un concepto queda sometido a un control consciente y deliberado sólo cuando entra a formar parte de un sistema. Si conciencia significa generalización, a su vez, generalización significa la formación de un concepto genérico superior que incluye al concepto dado como un caso particular. Este concepto superior supone la existencia de conceptos subordinados y de una jerarquía de conceptos de diferentes niveles de generalidad. Así el concepto se sitúa en un sistema de relaciones de generalidad (Vigotsky, 1995, p.170).

Con base en lo expuesto hasta ahora, y de acuerdo con Greca y Moreira (2000b), podemos ver que Vigotsky se acoge a la teoría esencialista sobre formación de conceptos y, específicamente, se inscribe en la teoría explicativa de enfoque teórico,

para la cual los conceptos son representaciones mentales estructuradas a partir de las relaciones que tienen con otros conceptos del sistema en el cual se encuentran imbricados; su postura es antiinnatista y antiatomista:

Los conceptos no están en la mente del niño como guisantes en una bolsa, sin vínculo alguno entre ellos. Si fuera ese el caso, no sería posible ninguna operación intelectual que requiriera coordinación de pensamientos, ni ninguna concepción general del mudo. Ni siquiera podrían existir conceptos separados como tales; su misma naturaleza presupone un sistema (Vigotsky, 1995, p.187).

Ratificando su postura esencialista y antiatomista, Vigotsky se apoya en C. Marx para afirmar que si la apariencia y la esencia de las cosas fueran similares, no habría necesidad de la ciencia; con respecto a lo cual Vigotsky (1995) reitera que los conceptos científicos serían innecesarios si reflejaran meras apariencias de los objetos como lo hacen los conceptos empíricos. Desde su punto de vista, el concepto científico se halla en una relación diferente con el objeto, una relación sólo factible en forma conceptual, posible sólo mediante un sistema de conceptos.

Continuando con sus explicaciones acerca de las relaciones entre el aprendizaje de conceptos científicos y el desarrollo intelectual, Vigotsky anota que la sistematización y la conciencia no proceden del exterior para desplazar los conceptos espontáneos, sino que por el contrario, dicha sistematización presupone la existencia de representaciones ricas y relativamente maduras, sin las cuales el niño no tendría nada que sistematizar. Aquí se hace explícita la referencia al aprendizaje como proceso que impulsa el desarrollo y lo precede, reconociendo la necesidad de un desarrollo mínimo necesario para que pueda darse dicho proceso.

Siguiendo con los aportes de Vigotsky respecto a la relación entre aprendizaje y desarrollo intelectual, es pertinente plantear el cuestionamiento que hace a la teoría piagetiana, cuando se pregunta si es la inadecuada estructura del pensamiento infantil la única fuente real de formas superiores de generalización o de conceptos, teniendo en cuenta que como lo afirma Piaget, el pensamiento del niño está desprovisto de objetividad, método crítico, comprensión de relaciones y estabilidad.

Vigotsky refuta la postura piagetiana afirmando que si bien se requiere un umbral mínimo para iniciar el aprendizaje de los conceptos científicos, los años de la escuela son el período óptimo para que por medio de instrucción, se inicien las operaciones que requieren conciencia y control deliberado. De este modo, la instrucción fomenta al máximo el desarrollo de las funciones psicológicas superiores mientras están en proceso de maduración. Por lo tanto, al contrario del pensamiento piagetiano, desde la perspectiva de Vigotsky, se piensa que el desarrollo intelectual es dependiente de una intervención de naturaleza social y cultural que se materializa en términos de una cooperación que permite hacer al niño hoy lo que podrá hacer solo mañana.

En relación con el papel de la instrucción respecto al desarrollo, emerge uno de los principales conceptos de la teoría vigotskiana: *la zona de desarrollo próximo o zona de desarrollo potencial*, concepto profundamente ligado a la importancia que da este autor a la enseñanza como proceso cultural. Al respecto, Vigotsky afirma que una correcta organización del aprendizaje del niño lleva al desarrollo mental y activa todo un grupo de procesos de desarrollo que no podría producirse sin el aprendizaje, “por ello el aprendizaje es un momento intrínsecamente necesario y universal para que se desarrollen en los niños esas características humanas no naturales, sino formadas históricamente” (en Luria, Leontiev & Vigotsky, 1986, p.39).

Subyace en esta afirmación la importancia que da Vigotsky a los procesos de enseñanza o procesos de instrucción, como el espacio de relación interpersonal que facilitan los mediadores para su internalización, promoviendo de esta forma el desarrollo cognitivo, con respecto a lo cual agrega que:

(...) todo el proceso de aprendizaje es una función del desarrollo que activa nuevos procesos que no podrían desarrollarse por sí mismos, sin el aprendizaje [y continúa] (...) el proceso de desarrollo sigue al de aprendizaje y crea el *área de desarrollo potencial* (1986, p. 37, 39).

En consecuencia, el concepto de desarrollo potencial es planteado por Vigotsky para explicar la relación entre aprendizaje y desarrollo, y lo hace presumiendo que todo aprendiz presenta un nivel de desarrollo efectivo que se puede determinar, por ejemplo, con los test de inteligencia; pero además, se puede demostrar que existe una capacidad

potencial de aprendizaje referida a la posibilidad de realizar tareas *difíciles* con ayuda de otras personas.

En este orden de consideraciones, el espacio entre el nivel de desarrollo efectivo –la posibilidad de realizar tareas por sí mismo– y el nivel de desarrollo potencial –ejecución de tareas con ayuda de otros– es lo que se denomina *zona de desarrollo potencial* o *zona de desarrollo proximal*, espacio que vincula los procesos de enseñanza y aprendizaje con los procesos de desarrollo. Es en esta zona donde ocurre la interacción social que provoca el aprendizaje, por tanto, en ella se sitúa el trabajo del maestro y de la escuela en general.

Como hemos dicho, Vigotsky no desconoce que para ciertos aprendizajes ha de tenerse un desarrollo adecuado, pero enfatiza que una enseñanza orientada hacia una etapa de desarrollo ya realizado es ineficaz, pues no contribuye al desarrollo intelectual (en Luria, Leontiev & Vigotsky, 1986, p.38). Asimismo, reconoce que todos los procesos están ligados al desarrollo del sistema nervioso central; no obstante, pone el énfasis en las relaciones interpersonales que en los procesos de instrucción, delimitan el nivel superior del desarrollo potencial.

De acuerdo con la postura vigotskiana, la enseñanza se hace responsable de delimitar en su nivel superior el potencial de desarrollo cognitivo de los aprendices; desde esta perspectiva, la enseñanza es entendida como comunicación y la ciencia como forma de cultura que se internaliza mediante el aprendizaje. De este modo, se desdibujan las ideas universalistas sobre el desarrollo y la inteligencia.

Las reflexiones de Vigotsky trascienden la concepción de enseñanza en términos de contenidos disciplinares, se dirige a valorar estos procesos como los responsables de elevar el desarrollo de las funciones superiores, la conciencia reflexiva y el control deliberado en el uso de los conceptos. Es el nivel de conciencia y actuaciones informadas lo que caracteriza el pensamiento conceptual, pensamiento al cual debe propender la instrucción en la zona de desarrollo potencial.

En esta perspectiva, el concepto zona de desarrollo potencial está íntimamente relacionado con el proceso de formación de los conceptos científicos, como cristalización de ese proceso de internalización de los medios o instrumentos socioculturales, que permiten el tránsito hacia las formas de pensamiento caracterizadas

por la conciencia y el uso deliberado de los significados. Se plantean en forma explícita las relaciones de semiosis y noesis, aspecto sobre el cual Vigotsky toma postura en relación con la primacía de la primera frente a la segunda.

Así mismo, sobre la base de la existencia de dos formas de pensar incompatibles, pero interrelacionadas, es posible inferir en la propuesta vigotskiana una idea de la enseñanza como inductora del cambio conceptual, entendido como un cambio radical en la reestructuración conceptual. Hablamos de cambio radical, en tanto, Vigotsky se refiere a dos formas de pensamiento radicalmente diferentes: el pensamiento espontáneo y el pensamiento conceptual. Como lo afirman Pozo y Gómez (1998), para Vigotsky existe una incompatibilidad entre la forma de pensar de los niños y la de los adultos, pero la enseñanza hace posible al niño la construcción de nuevas estructuras mentales, estructuras superiores que están siempre ligadas a un repertorio histórico y cultural.

Los trabajos de investigación realizados por Vigotsky lo llevan a presumir que los procesos de desarrollo no ocurren si no existen situaciones de aprendizaje que los provoquen. En sus desarrollos explicativos, Vigotsky da por hecho que el aprendizaje de conceptos científicos hace posible la maduración intelectual, pero no entra a considerar asuntos tales como la persistencia, la fortaleza y la resistencia al cambio, que caracterizan a los conceptos que él denomina espontáneos; planteamientos que han sido retomados por líneas de investigación hoy vigentes, como por ejemplo, la línea de Investigación en Cambio Conceptual y la de Indagación en Ideas Alternativas.

Las ideas de Vigotsky son pioneras y es innegable la gran influencia de los trabajos de este investigador en el campo de la Educación en Ciencias. Al respecto, destacamos también la gran coincidencia de sus planteamientos con los de Toulmin. Es posible decir que para el primero, el aprendizaje es un proceso grupal e individual en el cual el grupo brinda oportunidades para aprender y desarrollar conceptos, de tal manera que las posibilidades creadas por la cultura son transformadas en procesos de pensamiento que implican la apropiación de herramientas culturales. Por su parte, Toulmin considera el aprendizaje como enculturación, es decir, como apropiación de elementos culturales y como evolución conceptual que prioriza las prácticas de grupo en permanentes procesos de innovación y selección.

Para el estudio que nos ocupa, estas ideas permiten comenzar a plantear posturas y explicaciones respecto a nuestros problemas de investigación. Destacamos ahora los planteamientos vigotskianos respecto a la importancia de la semiosis y su relación con lo cultural; ideas que se desarrollan y complementan con los aportes que hacen diferentes autores y perspectivas en relación con un concepto central en esta investigación, el de *representación*.

1.2 El concepto de representación: intersección de las perspectivas epistemológica y cognitiva

1.2.1 Las representaciones y el carácter sociocultural del conocimiento

Al afirmar que “el hombre conoce y es consciente de que conoce” (Toulmin, 1977), se pone de relieve que la comprensión humana se desarrolla en dos vías que son complementarias: hemos tratado de resolver los problemas que se nos plantean y al tiempo, nos preocupamos por saber cómo hemos dominado tales problemas y cuál es la naturaleza de los procedimientos intelectuales que posibilitan tales soluciones. Nos reconocemos como sujetos cognoscentes y, por tanto, ponemos en relación el contenido de nuestros conocimientos y nuestra conciencia de los mismos. El campo de indagación referido a la comprensión sobre el conocimiento, es para Toulmin el de *la epistémica*; campo interdisciplinario del cual se ocupan hoy tanto las ciencias cognitivas como la epistemología del conocimiento científico, entre otros.

En este ámbito, reconocemos el paradigma positivista como el que ha sido hegemónico por muchos años. Paradigma fuertemente impregnado con posturas epistemológicas empiristas y realistas, para las cuales el *sujeto* que investiga o que conoce y el *objeto* de investigación se constituyen en elementos de una dicotomía, participantes en un proceso de alta asepsia y neutralidad cuyo propósito es la búsqueda de supuestos principios invariables que rigen las dinámicas del universo; considera que existe un *método* único, un conjunto de procedimientos lógicos que permiten descubrir las leyes que rigen la naturaleza o las verdades científicas que ella oculta. En oposición

a este paradigma, emergen perspectivas contemporáneas que buscan trascender y superar estas visiones de tipo determinista y dogmático sobre el conocimiento.

En efecto, hoy vislumbramos una forma de concebir el conocimiento y las ciencias claramente opuesta al positivismo lógico; cuestionamos la neutralidad, la objetividad en sí y los criterios mecanicistas y deterministas fuertemente arraigados en lo que ha sido una visión hegemónica de la ciencia y del conocimiento científico. En coherencia con los desarrollos de la Física y la Química contemporáneas, ponemos en cuestión que los objetos cognoscibles tengan una existencia independiente del observador y del conocimiento y de los intereses de éste. En este sentido, aludimos a la construcción de nuevas *realidades* y a nuevas formas de *representarlas*.

Al respecto, uno de los físicos más eminentes del siglo XX anota,

(...) cuando se trata de los componentes mínimos de la materia, aquel proceso de observación representa un trastorno considerable (...) La noción de realidad objetiva de las partículas elementales se ha disuelto por consiguiente en forma muy significativa, y no en la niebla de alguna noción nueva de la realidad, oscura o todavía no comprendida, sino en la transparencia de una matemática que describe, no el comportamiento de las partículas elementales, pero sí nuestro conocimiento de dicho comportamiento (Heisenberg, 1985, p.14).

En el mismo sentido Toulmin (1964a) dice que términos como *rayo de luz*, *gen*, *electrón*, aluden a un ideal teórico y no deben ser considerados como nombres de una nueva especie de objetos hallados en una “jungla antes inexplorada”. Para este epistemólogo es imposible negar la diferencia existente tanto en la condición lógica, como en las propiedades, entre entidades y nociones tan teóricas como *átomo*, *gen*, *campos* o *elementos químicos*, y cosas tan cotidianas como las mesas o los balones.

En el mismo sentido para Heisenberg (1985), hoy la meta de la investigación científica no es el conocimiento de una realidad material *en sí*; se trata, dice, al menos en la Física Cuántica, no de aprehender el mundo sino de la construcción de nuevas realidades. Esto implica encarar el problema de la relación entre el *mundo* y las ciencias; dicho de otra forma, nos lleva a analizar la relación entre los objetos del mundo y los objetos teóricos o el aparato conceptual de las disciplinas científicas. De esta manera se plantean complejas relaciones entre lo ontológico y lo epistemológico.

En el marco de estos planteamientos emergen perspectivas que como hemos dicho, pretenden superar tanto las visiones empiristas y positivistas, como al paradigma conductista que ignorando los procesos inherentes al funcionamiento de la mente, reduce las indagaciones sobre el conocimiento a su relación con la dupla estímulo-respuesta. En esta vía, la de superar el conductismo, se enmarcan las llamadas *ciencias cognitivas* que comparten con las visiones epistemológicas contemporáneas¹⁰ su interés en los problemas inherentes a la construcción del conocimiento, tomando distancia tanto del empirismo como del positivismo lógico y, especialmente, del *realismo ingenuo*.¹¹

Las ciencias cognitivas¹² tienen como principio básico unificador la consideración de la mente humana como entidad eminentemente representacional; es decir, desde esta perspectiva, la cognición tiene que ver, no con el *mundo como tal*, sino con las representaciones que nuestra mente construye. De igual manera, perspectivas epistemológicas contemporáneas consideran que el conocimiento científico es una construcción humana que se explicita en *representaciones o modelos* con los cuales se pretende comprender, explicar o predecir los fenómenos, es decir, las teorías aluden a *representaciones del mundo* con las cuales damos respuesta a los problemas que se nos plantean; los conceptos y los modelos científicos no dan cuenta de la *realidad en sí*.

En este orden de planteamientos, es posible decir que en un punto de convergencia entre las perspectivas cognitiva y epistemológica sobre la cognición humana, hay una cuestión fundamental: la concerniente a *las representaciones*, concepto que como lo afirma Duval (2004b), remite a una gran variedad de fenómenos internos, sociales y epistemológicos, y cuyo empleo y connotaciones son múltiples.

¹⁰ Se destacan aquí: Feyerabén, 1989; Kuhn, T., 1982, 1992; Lakatos, 1987; Laudan, 1986; Maturana, 1996 y Toulmin, 1977, entre otros. Así como el trabajo que desde un enfoque antropológico realizan autores como, por ejemplo, Latour y Woolgar, 1995.

¹¹ Contra la visión de conocimiento científico como posibilidad de acceder a las *cosas* tal y como en *realidad* son, a partir de Descartes y Kant, la noción de representación se sitúa en el centro del análisis del conocimiento científico, que impone una distinción clara entre el objeto y la representación a través de la cual el sujeto accede al objeto conocido (Duval, 2004b).

¹² En este escrito utilizaremos con mayor frecuencia el concepto en plural *ciencias cognitivas*, atendiendo a que son varias disciplinas y, por lo tanto, difieren en aspectos como: sus objetos de conocimiento, sus problemas y sus desarrollos. No obstante, debemos anotar que algunos de sus investigadores (v. g., Norman, 1987; Thagard, 1996) utilizan el concepto en singular, *ciencia cognitiva*, aludiendo a ese nuevo campo de indagación que comparte, entre otros aspectos, la metáfora de “la mente como ordenador”.

Desde 1956, el año del nacimiento de la Ciencia Cognitiva (Simon, 1987), se identifican los aportes surgidos en este campo en rechazo al conductismo y se inaugura la Psicología Cognitiva como disciplina interesada en resolver los asuntos relacionados con las estructuras cognitivas (Thagard, 1996) considerando que en la base de lo que los individuos perciben, piensan y actúan, están las representaciones que ellos tienen sobre el mundo.

Las anteriores cuestiones son explicitadas, entre otros, por Johnson-Laird (1993a, 1993b), quien plantea que las principales funciones que realiza la mente, tales como: percibir el mundo, aprender, recordar, crear ideas, controlar la comunicación con los otros, crear experiencias de sentimientos, intenciones y autoconciencia, pueden ser explicables en términos computacionales, puesto que están relacionadas con representaciones o símbolos, aunque aclara, hay aspectos de la mente que no pueden amoldarse a una explicación científica.

En síntesis, podemos decir que el punto central de las llamadas ciencias cognitivas es la búsqueda de la comprensión de los principios de la conducta cognitiva e inteligente, las habilidades mentales, la enseñanza, el aprendizaje y el desarrollo de aparatos inteligentes para aumentar las capacidades humanas, entre otros asuntos.

Más allá de lo mental e individual, la comprensión de la cognición humana exige también entender la forma cómo interactúan lo personal, lo social y lo cultural, para dar forma a los procesos cognitivos; en palabras de Norman (1987) se requiere no sólo de los científicos de las neurociencias que se ocupan del cerebro como sustrato físico; de los filósofos que se ocupan de la mente, la conciencia, la intención, las creencias, el pensamiento; de los psicólogos que indagan por los mecanismos funcionales de la mente, el procesamiento cognitivo, la percepción, las emociones; sino que también son necesarios los aportes de los antropólogos cognitivos y los sociólogos que indagan la forma en que la sociedad y la cultura intervienen en los procesos cognitivos.

De lo anterior inferimos que al igual que la perspectiva epistemológica contemporánea reconoce la relación de lo social y lo cultural con el conocimiento, el enfoque de las ciencias cognitivas también reconoce dicha relación. Sin embargo, la Psicología Cognitiva, que comparte con las demás disciplinas que conforman las llamadas ciencias cognitivas la nueva metáfora que guía el estudio de la mente: *la mente*

como un ordenador, se ha centrado, principalmente, en el estudio de las denominadas *representaciones internas o mentales*.

En el marco de este campo interdisciplinario, la mente es considerada como un sistema simbólico que procesa información en forma análoga al computador, lo que implica considerar que para realizar operaciones cognitivas como el razonamiento, la percepción, el pensamiento y la memoria, la mente debe ser capaz de representar y utilizar en forma adecuada la información que recibe en forma simbólica (Eisenk & Keane, 1994).

Desde la perspectiva de las ciencias cognitivas, la comprensión del sistema cognitivo humano pasa por el estudio de las propiedades funcionales y estructurales del formato de nuestros pensamientos de tal manera que indagar sobre la estructura cognitiva implica pensar nuestra *estructura representacional*, es decir, nuestras representaciones mentales (De Vega, 1984). No obstante, desde esta perspectiva, también se alude a las representaciones o a los sistemas representacionales de tipo semiótico externo y al papel de los mismos en la estructuración del sistema cognitivo (ver, por ejemplo, Johnson-Laird, 1993a, 1993b).

Como dijimos, para los asuntos que son objeto de estudio en este trabajo –las dimensiones socioculturales del conocimiento– nos interesan, principalmente, las *representaciones semióticas externas*; no obstante, esto implica reconocer el nicho o función de las representaciones internas o mentales; así como señalar las diferencias entre ambos tipos de representaciones y, de manera especial, las relaciones de estas representaciones entre sí, al igual que con el aprendizaje y la cognición.

En este punto es necesario profundizar y hacer algunas precisiones en relación con el constructo nucleador de este apartado, es decir, las representaciones y las categorizaciones que sobre el mismo hemos comenzado a utilizar en este escrito: representación interna y representación externa. En lo que sigue, además de tales precisiones, profundizamos en la caracterización de los sistemas semióticos externos y su papel en la cognición y, más exactamente, el rol que pueden jugar en los procesos de aprendizaje de los conocimientos científicos.

1.2.2 Una aproximación a la descripción de la naturaleza y a la clasificación de las representaciones

Desde una perspectiva eminentemente filosófica y epistemológica, destacando quizá la superación de las visiones empiristas y positivistas, Toulmin (2003) alude al siglo XX como el siglo de la *representación*. Al respecto, arriesga para este concepto el significado de “sustituir a”, “asemejarse a”, “ser signo de algo” u “ocupar el lugar de”. En relación con las ciencias, alude a que las representaciones son las formas teóricas utilizadas para explicar los fenómenos físicos, debido a que la *naturaleza* es una “caja cuyo interior no podemos percibir”. En la base de este enfoque está un debate sobre las relaciones entre el lenguaje, la percepción y las raíces de los significados.

Desde los enfoques cognitivistas, una definición –poco refinada del concepto– alude a que la *representación* es cualquier notación, signo o conjunto de símbolos que representan, vuelven a presentar, algún aspecto del mundo externo o de nuestra imaginación, en ausencia de éstos (Greca, 2000). Según Markmann (1999), es posible identificar cuatro componentes que caracterizan toda representación: a) un *mundo representado*, esto es, algún aspecto del mundo o de nuestra imaginación; b) un *mundo representante, simbólico o analógico*, que contiene la representación; c) las *reglas* de representación, que mapean los elementos del mundo representado en el mundo representante y, d) el *proceso* de representación, sin el cual los elementos anteriores sólo crean un potencial, pero no una representación en sí.

Por su parte Duval¹³ (2004b) hace referencia a los tres polos constitutivos de toda representación: a) el *objeto* representado, b) el *contenido* de la representación, es decir, lo que una representación presenta del objeto y, c) la *forma* de la representación, o sea, su modalidad o registro. Sobre el asunto, Johnson-Laird (1993a) alude a que la mayoría de sistemas simbólicos tienen tres componentes: un *conjunto* de símbolos primitivos, los *principios* que permiten ensamblar símbolos primitivos para construir símbolos complejos, el dominio que ellos simbolizan y los principios para relacionar los símbolos con las entidades que representan.

¹³ Este investigador muestra en sus trabajos intersección de los enfoques cognitivo y epistemológico, entendido este último, como el estudio de la construcción de conocimiento disciplinar.

En relación con una posible clasificación de las representaciones, de acuerdo con Eisenk y Keane (1994), en un nivel superior se distinguen las representaciones externas y las representaciones internas o mentales. Las primeras, según estos autores, las utilizamos en el día a día y pueden ser, por ejemplo: dibujos, mapas, historias, etc.; en general, son de dos tipos: a) *las pictóricas o diagramáticas* y b) *las lingüísticas*. Por su parte, las segundas, las *representaciones mentales*, pueden ser: a) *distribuidas*¹⁴ y, b) *localizadas o simbólicas*, que pueden ser, a su vez, *analógicas o proposicionales*.¹⁵ En la figura 1.1 presentamos un esquema que sintetiza una posible clasificación de las representaciones con base en propuestas como las de Eisenk y Keane (1994) y las de Martí y Pozo (2000).

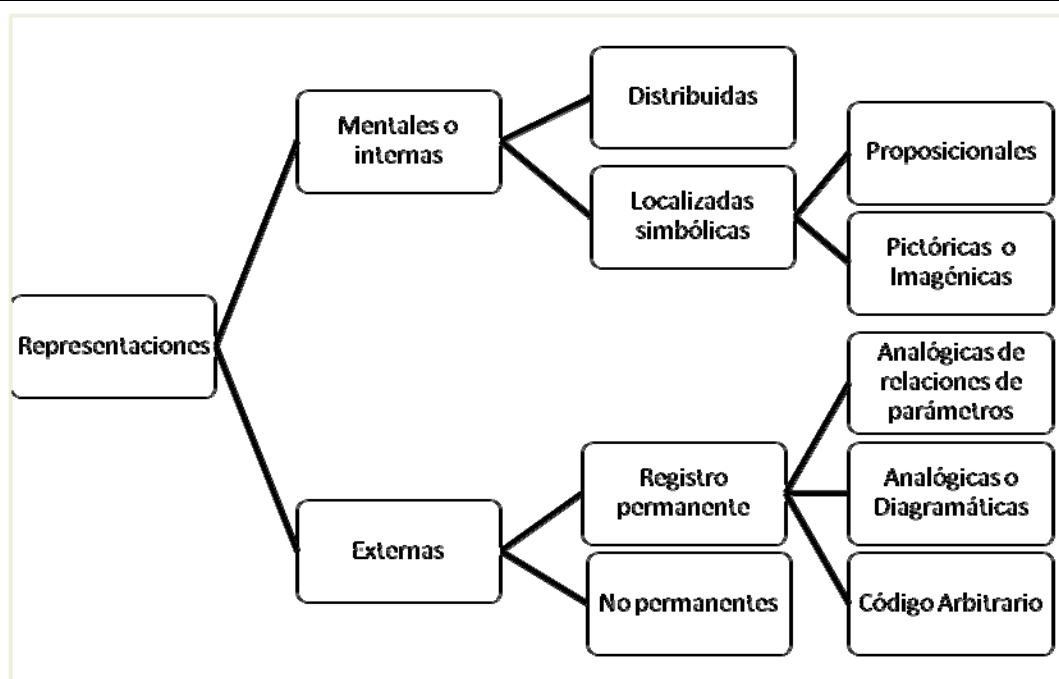


Figura 1.1 Una clasificación de las representaciones

¹⁴ De acuerdo con Eisenk & Keane (1994) varias investigaciones han demostrado que las representaciones distribuidas son las mismas representaciones simbólicas, sólo que en un nivel más detallado.

¹⁵ De la misma forma en que se han pretendido reducir las representaciones mentales tipo imagen a las representaciones proposicionales – estos debates han sido descritos en, por ejemplo: De Vega (1984); Eisenk y Keane (1994); Moreira (1996, 2000) – se detecta un reduccionismo al no reconocer las especificidades de las representaciones externas frente a las representaciones mentales (Duval, 2004a, 2004b; Postigo & Pozo, 2000).

Al respecto, acogemos aquí la anotación de Martí y Pozo (2000) en relación con la existencia de barreras borrosas entre las representaciones externas e internas. Las representaciones externas requieren operaciones mentales de comprensión que son realizadas por sistemas de procesamiento interno; las representaciones internas tienen manifestaciones observables en las externas y, finalmente, no se puede desconocer que contra las visiones inductivistas, nuestras *observaciones* –se incluyen aquí las observaciones de las representaciones externas– están influenciadas por nuestros conocimientos y, por ende, tienen que ver con nuestras representaciones mentales o internas.

Para este trabajo nos interesan, fundamentalmente, las representaciones que compartimos con otras personas, es decir, nos importa profundizar en las representaciones externas semióticas, puesto que consideramos que la enseñanza y el aprendizaje y, con estos, los procesos de didactización, pasan necesariamente por la utilización de los *sistemas semióticos*¹⁶ de representación.

En relación con las representaciones semióticas externas, es importante recordar que en este trabajo asumimos el aprendizaje de las ciencias como un proceso de *enculturación*, es decir, de inmersión o acercamiento a las disciplinas científicas, entendidas éstas como actividades culturales. En relación con la postura toulminiana, compartimos el punto de vista que considera los sistemas semióticos como *logros culturales* de los cuales las personas se apropian, al igual que lo hacen con el lenguaje y la escritura (Duval, 2004a, 2004b). Sobre estas perspectivas, coherentes y convergentes, profundizaremos en los siguientes apartados de este escrito.

1.2.3 Los sistemas semióticos externos y sus funciones

Pretendemos aquí resaltar la diversidad y la especificidad funcional de los diferentes sistemas externos de representación.¹⁷ Desde el punto de vista de Duval, se consideran las consecuencias cognitivas que tienen los sistemas semióticos externos cuando son

¹⁶ Se alude al concepto *sistema semiótico* porque cada signo sólo funciona como tal dentro de un determinado sistema. Asunto que, como ya se anotó, fue señalado por Vigotsky (1995).

¹⁷ Duval (2004a, 2004b) anota que sólo a partir de 1985 comienza el reconocimiento a las representaciones externas como objeto de estudio no reductible a las representaciones mentales.

utilizados por las personas en diferentes tareas; es decir, no se les considera como medios transparentes e inocuos, por el contrario, se reconocen las dificultades específicas que plantea el dominio de estos sistemas – la escritura, la notación numérica, la notación musical, el dibujo, los mapas, las fotografías, la nomenclatura química, etc.– (ver, por ejemplo, Johnson-Laird 1993a, 1993b; Duval, 2004a, 2004b; Martí & Pozo, 2000).

En este sentido, Martí y Pozo (2000) hacen un pertinente llamado a reivindicar el valor de las representaciones externas y señalan que en algunos casos, ellas se han subordinado a las representaciones mentales por razones que se pueden resumir en los siguientes aspectos: a) la tendencia a aludir a la cognición en términos de las representaciones mentales o internas o de procesos y representaciones formales, independientes del dominio y de los propios referentes; b) la alusión a las representaciones externas como un objeto más de las representaciones internas; c) la referencia al lenguaje oral como el sistema fundamental de representaciones o sistema simbólico por excelencia, del cual los demás sistemas son dependientes y derivados. Además, al acudir a la denominación de *sistemas o representaciones simbólicas externas* y, de hecho, marcar su carácter y su naturaleza convencional y cultural, para algunos, se desdibuja el interés para acceder a los aspectos más generales de la cognición humana.

En la línea de reivindicar el estudio de las representaciones externas, Martí y Pozo (2000) señalan la relevancia que a nivel teórico y en el ámbito educativo, portan los estudios que se centran en, o que tienen como objeto de análisis, los sistemas semióticos.¹⁸ Desde esta perspectiva, dichos sistemas deben ser considerados como construcciones cognitivas cuya apropiación pone de manifiesto un complejo proceso de reconstrucción; por lo tanto, son objetos en sí mismos y no sólo traducción de representaciones internas de otros sistemas simbólicos.

Al respecto, Duval (2004a) destaca que el progreso de los conocimientos se acompaña siempre de la creación y el desarrollo de nuevos sistemas semióticos, y que la formación del pensamiento científico es inseparable del desarrollo de simbolismos

¹⁸ En adelante se entenderá *sistema semiótico* como sinónimo de *sistema simbólico externo de representación*.

específicos para representar los objetos y sus relaciones.¹⁹ De acuerdo con Toulmin (1977), la evolución conceptual en la historia de las disciplinas científicas está relacionada con la evolución de los sistemas representacionales que les son propios.²⁰

En este orden de razonamientos, resaltamos que las representaciones externas tienen un carácter específico, y dicha especificidad tiene consecuencias para su adquisición y uso. Por esto, reconocemos la existencia de una interacción y mutua reconstrucción entre las representaciones internas y externas, puesto que las propiedades específicas de los sistemas semióticos externos influyen en la cognición y en el aprendizaje de quien las utiliza e intenta dominarlas. Además, es importante recordar que en esta era de la información y la comunicación, se hace prioritario comprender y utilizar la pluralidad de modos de representación que trascienden, con creces, la alusión a los sistemas numéricos y de escritura.

Respecto a la identificación de la diversidad de las representaciones externas, en una primera aproximación, acogemos las ideas de Eisenk y Keane (1994) sobre representaciones externas. Ellos las agrupan en: a) *las representaciones pictóricas o diagramáticas* y b) *representaciones de tipo lingüístico*.²¹ Las primeras parecen captar mucho más sobre el mundo que las segundas, pues se requiere de mucha información lingüística si se va describir en lenguaje escrito o verbal la representación de, por ejemplo, un diagrama o el montaje para un experimento.

Las representaciones pictóricas, por su parte, por ser de tipo analógico, semejan en su estructura aquella a la cual representan; mientras que las representaciones lingüísticas no tienen la propiedad analógica porque como lo afirma Saussure (citado en Eisenk & Keane, 1994) la relación de la señal lingüística con lo representado es arbitraria.

Ahora bien, de acuerdo con estos investigadores, las representaciones tipo lingüístico se caracterizan por: a) *ser discretas*, es decir, por estar constituidas por

¹⁹ En el caso de la Química: el lenguaje formal para representar entidades y procesos –símbolos químicos, fórmulas, ecuaciones–, y los distintos sistemas de nomenclatura, las representaciones icónicas, etc.

²⁰ Así, por ejemplo, la propuesta de Lavoisier y sus colaboradores de crear una nomenclatura acorde con los nuevos *descubrimientos*, coherente con la perspectiva filosófica y epistemológica plasmada en los postulados del Abate Condillac, se contraponen a la nomenclatura y al simbolismo propio de la Alquimia.

²¹ Es de anotar que todas las representaciones, internas o externas, comparten una característica crítica: ellas representan sólo algunos aspectos del mundo (Eisenk & Keane, 1994).

símbolos individuales, como las palabras; b) *requerir símbolos explícitos* para expresar una relación –las preposiciones, subíndices, etc.; c) *obedecer a un conjunto de reglas* que permiten organizar los símbolos y, d) *ser abstractas*, es el caso, por ejemplo, de la fórmula H_2O (s).

En contraste con lo dicho, las representaciones pictóricas se caracterizan por: a) *no estar constituidas por alguna unidad específica*; b) *no requerir de símbolos explícitos* individuales para establecer relaciones; c) *no obedecer reglas* de combinación, y d) *ser concretas* por estar fuertemente relacionadas con la modalidad visual.

Por su parte, Martí y Pozo (2000) proponen considerar en el marco de las representaciones externas, la siguiente categorización:

- a. *Representaciones no permanentes*: lenguaje oral o de signos, por ejemplo: los gestos.
- b. *Representaciones permanentes*, categorizadas en:
 - *Analógicas*: dibujos, mapas e ilustraciones, por ejemplo: instrumentos o montajes de laboratorio e ilustraciones como la que presentamos en la figura 1.2, que representa un espectrógrafo de masas.

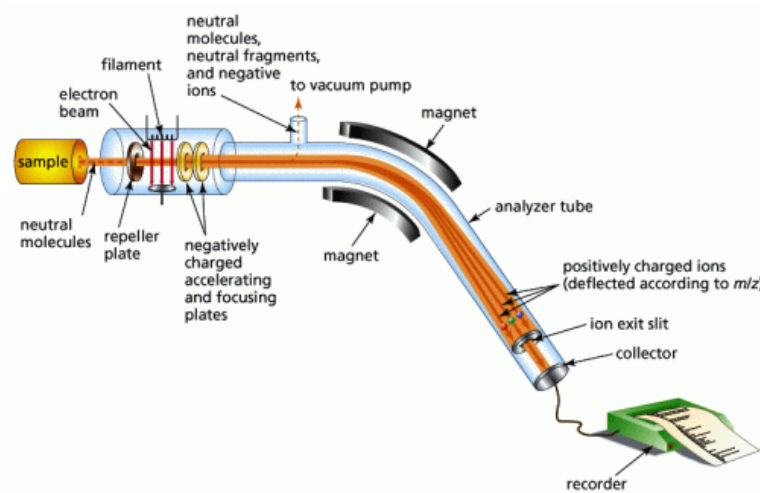


Figura 1.2 Representación de un espectrómetro de masas²²

²² Tomado de <http://www.ugr.es/~quiorred/espec/ms1.htm> (consultado en Febrero de 2010)

- *Código arbitrario*: escritura y números, por ejemplo: los nombres asignados por Lavoisier a las sustancias simples y compuestas; las fórmulas actuales como CO_2
- *Representaciones analógicas de relaciones de parámetros*: gráficos y diagramas, por ejemplo: la representación de orbitales tipo p que ilustramos en la figura 1.3.

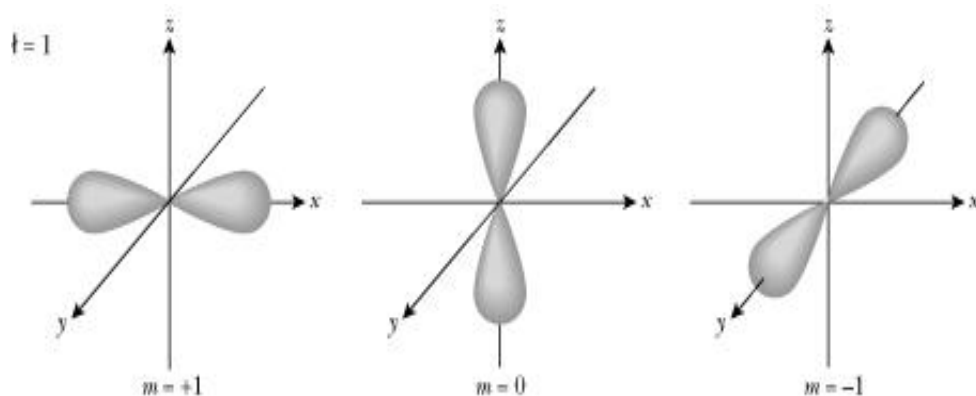


Figura 1.3 Representación de orbitales tipo p

En relación con las representaciones permanentes dichos autores reconocen la especificidad de cada tipo o categoría y, además, recogiendo aportes de otros investigadores consideran que en conjunto, estas representaciones constituyen un dominio específico de conocimiento por compartir la característica fundamental de tener una doble naturaleza: son *objetos perceptibles*, manipulables, con determinadas características y, al mismo tiempo, son *objetos representativos* que remiten a otra realidad; es decir, los sistemas externos de representación no son la traducción directa de una realidad, son modelos que cumplen determinadas restricciones y, como modelos representativos, crean una nueva *realidad* y permiten discriminar nuevas relaciones del referente.

En consecuencia, como lo señala Jonson-Laird (1993a), es importante superar malos entendidos, por ejemplo, el computador trabaja con cifras, no con números, éstos son entidades abstractas; de tal manera que las primeras – las cifras – pueden ser sustitutos

de los segundos y pueden utilizarse, al igual que otros sistemas, para simbolizar una gran cantidad de dominios.

En este punto, es pertinente traer el llamado que hace Duval (2004a) respecto a la necesidad de superar confusiones entre: *los conceptos, los objetos o las entidades* y sus *representaciones*²³ – un mismo objeto puede tener varias representaciones –. El costo de una confusión conlleva pérdidas en la comprensión y la aprehensión conceptual de los objetos.

Para precisar los asuntos planteados, de acuerdo con Duval (2004a), se requiere entender que *la semiosis*, como aprehensión o producción de una representación, y la *noesis*, entendida como formación y adquisición de conceptos, son dos procesos estrechamente relacionados y que contrario a lo que muchos implícitamente aceptan, podemos decir que *no hay noesis sin semiosis*.

Aceptar dicho presupuesto trae enormes consecuencias respecto a la enseñanza y el aprendizaje, porque implica reconocer el papel primordial que la semiosis tiene con respecto a la cognición; de tal manera que procesos tales como: la comprensión conceptual, las diferentes formas de razonamiento y la interpretación hermenéutica y heurística de enunciados, entre otros, están íntimamente relacionados con la articulación de diferentes registros de representación semiótica.

Esta articulación a la que se refiere Duval (2000b) pone de relieve dos asuntos importantes: de un lado, la gran variedad de tipos de representación o sistemas semióticos, como los que han permitido construir y estudiar los objetos matemáticos;²⁴ y, de otro lado, la necesidad de conversión de un sistema a otro, así, por ejemplo, para dar solución a un ejercicio se requiere pasar de su enunciado a las ecuaciones que ponen en relación los datos y las preguntas. Lo que no significa que los diferentes tipos de representación sean reductibles entre sí.

²³ Son entidades: números, rectas, funciones, etc., y son representaciones: gráficos, escrituras decimales o fraccionarias, etc.

²⁴ Tales como los sistemas numéricos: decimal, fraccionario, romano o el de las cuentas del prisionero (ver, Johnson-Laird, 1993a) etc. En Química para designar o nombrar sustancias se tienen, por ejemplo: el sistema de nomenclatura usado por los alquimistas, el de la nomenclatura tradicional y el actual sistema propuesto por la IUPAC.

Con respecto a lo anterior, debemos señalar, como una dificultad muy frecuente en las aulas de clase, la imposibilidad de hallar formas nuevas y más adecuadas de resolver un problema o un ejercicio. Estas dificultades tienen que ver, principalmente, con el *encasillamiento* de los estudiantes en algún determinado sistema de representación, lo que también les impide identificar representaciones que obstaculizan el aprendizaje; por ejemplo, confunden una explicación con algún formalismo utilizado para explicar.

Este problema del encasillamiento o, como lo denomina Duval, R. (2004a), *encapsulamiento*, se relaciona con la diversidad de registros de representación y, en consecuencia, con el reconocimiento de una operación cognitiva de *conversión* o del *cambio de forma* en la que un conocimiento puede ser representado. Desconocer la importancia de esta operación implica suponer que se pasa espontáneamente de la representación al contenido y a la comprensión del mismo. En aras de hacer precisión y evitar la confusión del objeto y su representación podemos decir que para funcionar como representación, o sea, para permitir el acceso al objeto, en muchos casos se deben poner en relación, al menos, dos sistemas semióticos.

De lo planteado por Duval, R. (2004a), podemos decir que hay tres actividades cognitivas fundamentales inherentes a la representación: *la formación, el tratamiento y la conversión*. La primera, se refiere a un registro semiótico particular *formado* por un conjunto de caracteres y por las determinaciones de aquello que se quiere representar, permitiendo una mirada al objeto a través de los *significantes*: gráficos, figuras, expresiones simbólicas, esquemas, etc.; la segunda actividad, el *tratamiento*, alude a una transformación que produce otra representación en un mismo registro, por ejemplo, un cálculo numérico – que será siempre dependiente de la escritura numérica que se adopte–; y la tercera, *la conversión*, se da cuando hay una transformación a un registro distinto al de la representación inicial – por ejemplo, de la ecuación matemática a su representación gráfica; de la ecuación química a la ecuación matemática, para hacer cálculos estequiométricos –. Las actividades descritas tienen que ver con el carácter intencional que les es propio y con las funciones de objetivación y expresión que son inherentes a las representaciones externas.

Un punto crucial respecto a las funciones de las representaciones externas, en relación con el aprendizaje de las ciencias, es el reconocimiento a que de un lado: “(...) la diversificación de los registros de representación es una constante del desarrollo,

tanto desde el punto de vista individual como científico o cultural [y, de otro lado,] (...) la actividad conceptual implica la coordinación de los registros de representación (...)” (Duval, 2004^a, p.62-63). Es decir, el aprendizaje conceptual, así como, la comprensión y la producción de explicaciones a problemas, implican la posibilidad de superar el encasillamiento en determinados registros.

Por tanto, para los asuntos de los cuales nos ocupamos en este trabajo, son de gran importancia las actividades de conversión, dada su estrecha relación con los procesos de didactización y, en general, con los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Operaciones tales como: *traducción, ilustración, transposición, interpretación y codificación* que implican poner en relación representaciones de un objeto en diferentes registros, son operaciones de conversión usuales en el aula de clase y, en los textos y manuales escolares. En palabras de Duval (2004a), el cambio de registro constituye una variable fundamental de la didáctica al ofrecer diversos procedimientos de interpretación para facilitar el aprendizaje.²⁵

En consonancia con lo anterior, es importante hacer alusión a algunos trabajos que abordan el tema de las relaciones entre las múltiples representaciones, específicamente, entre las representaciones textuales y las imagénicas o visuales, sean éstas, estáticas o dinámicas. Unas de estas investigaciones versan sobre el uso de los sistemas multimediales de las nuevas tecnologías.²⁶

Otras investigaciones hacen alusión al uso de la diversidad representacional en los textos escolares, más específicamente al uso de las imágenes y su relación con el aprendizaje.²⁷ En general, podemos decir que estos trabajos aluden a los procesos de cambios de registros y a la posibilidad de construir coherencia entre los sistemas representacionales para lograr una mejor comprensión de los modelos explicativos en dominios específicos de conocimiento.

²⁵ Al respecto, consideramos que los procesos didácticos, como procesos de enculturación, deben posibilitar a los estudiantes el acceso a los desarrollos disciplinares, evitando simplificaciones inadecuadas.

²⁶ Ver, por ejemplo: Goldman (2003), Kozma (2003); Levie y Lentz (1982); Rickenmann (1999); Siefert (2003)

²⁷ Ver, por ejemplo: Carney y Levin (2002); Duchastel, Fleury y Provost (1988); Duit, R. (1991); Mayer y Gallini, (1990); Mayer, Bove, Bryman, Mars y Tapangco (1996); Jiménez y Perales (2002); Perales (2006); Otero, Moreira y Greca (2002);

En relación con el análisis del que trata esta investigación, nos interesa también profundizar en asuntos de gran importancia para la enseñanza y el aprendizaje, como son los relacionados con la especificidad de dominio y con los procesos de *lectura* y *escritura* implicados en la función de comunicación de las representaciones externas (Harris, 1999 citado en Martí & Pozo, 2000); mientras que los procesos de interpretación y producción de las mismas conllevan la posibilidad de poner en relación, tanto las informaciones explícitas, como las informaciones implícitas u omitidas que cada sistema de representación contiene.

En este orden de planteamientos, el primer aspecto –relacionado con la especificidad de dominio – implica, como hemos dicho, apartarse de visiones generalistas para comprender que las representaciones semióticas son culturales, es decir, de estructura organizada, de tipo convencional y no natural; sin embargo, esto no contradice que exista una competencia cognitiva básica necesaria para la adquisición de estos sistemas de representación externa; competencia básica²⁸ que no es suficiente para explicar la adquisición de cada uno de los sistemas externos de representación.

De acuerdo con Martí y Pozo (2000), la adquisición de los sistemas externos de representación supone que las personas sepan distinguir, reconocer e interpretar ejemplares de cada sistema y que puedan utilizarlos para resolver problemas, esto es, deben conocer las características y el significado para utilizar adecuadamente la notación.

En relación con el segundo aspecto, el que tiene que ver con los momentos de lectura y escritura, y con la información implícita y explícita que contienen las diferentes representaciones, debemos reconocer que la producción y la interpretación son procesos que implican una función metacognitiva que permite coordinar las informaciones implícitas y explícitas, de tal manera que quien interpreta pueda inferir lo implícito mediante ciertas operaciones, de algún modo, inversas a la construcción (Martí & Pozo, 2000).

Dicha coordinación metacognitiva conlleva dificultades, especialmente, para el proceso de producción, debido a que éste trasciende el uso de reglas y requiere,

²⁸ Esta competencia equivaldría, según Duval (2004a), a la adquisición de la función semiótica en la perspectiva piagetiana.

fundamentalmente, tener en cuenta los aspectos que deben ser explícitos y aquellos que se deben omitir. De acuerdo con lo anterior, puede decirse que la interpretación y la comprensión de representaciones externas preceden en el desarrollo y en el aprendizaje, a su producción (Postigo & Pozo, 2000).

Para profundizar un poco en este tema, es preciso tener en cuenta algunas características de los sistemas semióticos de tipo permanente, esto es, su doble naturaleza, su carácter externo, consciente e intencional, y su gran diversidad. Además de estas características, las representaciones de registro permanente o viso-espacial poseen ciertas peculiaridades que a partir de diversos y recientes trabajos de investigación²⁹ aquí se recogen y enuncian:

a. *Son sistemas culturales estructuralmente organizados*, por lo tanto, se requiere dominar ciertas reglas convencionales para su utilización. El uso y la reconstrucción de estos sistemas implica considerar que los elementos individuales no tienen significado independiente del todo.

b. *Existen como objetos independientes de su creador*, de tal manera que quien anota los registros debe hacerlo sabiendo que quien los interpreta debe construir el significado a partir de tales marcas; hay una separación en el tiempo entre quien produce y quien interpreta. No se da en la interpretación el tipo de implicaciones de contexto que son propias de las representaciones no permanentes.

c. *Son marcas gráficas que exigen un soporte material determinado y poseen cierta permanencia*, lo que facilita que sean objetos de información y transformación de fácil manipulación, transporte, archivo y accesibilidad por largos períodos de tiempo. Sin embargo, el carácter saliente y objetivable de las notaciones, es decir, el hecho de que constituyen objetos fácilmente procesables por sus características visuales pueden ser obstáculos para acceder a su significado representacional; es el caso de los símbolos de la Alquimia.

Recogiendo las ideas anteriores, es pertinente señalar que la tarea de la Didáctica de las Ciencias concierne con la ampliación del espectro de representaciones, de manera que permita a los estudiantes dar explicaciones a los fenómenos y usar en sus

²⁹ Ver, por ejemplo: Harris (1999); Lee y Karmiloff (1996); Sinclair (1988); Tolchinsky y Karmiloff-Smith (1993) citados en Martí y Pozo (2000).

explicaciones las representaciones científicas pertinentes. Se trata de posibilitar el acceso a los modelos y a los conceptos atinentes a las explicaciones que dan las disciplinas científicas, eludiendo las posibles simplificaciones inadecuadas y teniendo en cuenta los aspectos antes señalados.

También es importante reconocer, por ejemplo, el valor y la importancia crucial de las representaciones de tipo matemático o geométrico en disciplinas como la Física y la Química; sin embargo, hay aquí un llamado a no privilegiar algún tipo de representación en detrimento o exclusión de otros sistemas o tipos de registros que pueden facilitar la comprensión de los modelos teóricos.

En este ámbito de reflexiones, Pozo (1999)³⁰ retoma las ideas antiinnatistas y antiempiristas de Susan Carey (1991) quien llama la atención sobre la necesidad de aludir al aprendizaje como un cambio que incluye los *tipos de procesos* y las *representaciones* mediante las cuales el alumno afronta problemas y situaciones. De acuerdo con esta investigadora, no hay principios de *razonamiento* que sean inmunes a la variación cultural; postura acorde con la perspectiva toulminiana de evolución permanente de las representaciones científicas y, en consecuencia, del aprendizaje como proceso de apropiación de una cultura, es decir, como un proceso que posibilita al aprendiz aplicar, en procesos de explicación, las representaciones propias de una disciplina científica con base en una postura crítica frente a sus propias explicaciones.

Acerca de la pluralidad representacional y desde su *perspectiva evolutiva* de las ciencias, Toulmin pone de relieve que las exigencias intelectuales varían a través de la historia de las disciplinas, del mismo modo que pueden evidenciarse diferencias sustanciales en las metas explicativas de los científicos aún en la misma época. En este sentido, por ejemplo, destaca cómo en el siglo XIX, en Francia, el ideal era dar a las teorías físicas una forma matemática; en cambio, en Gran Bretaña, la ambición era elaborar modelos que hicieran inteligibles los fenómenos de un modo visible y tangible, más que matemático. Con este ejemplo se evidencia también la influencia de las diferencias culturales.

En relación con estas cuestiones, Toulmin nos invita a recordar que:

³⁰ Este investigador considera que se ha indagado en forma exhaustiva sobre los contenidos de las concepciones dejando de lado las indagaciones que tienen que ver con la naturaleza representacional de éstas, e ignorando los procesos cognitivos que generan las teorías o las representaciones implícitas.

Rutherford se inclinó desde su elevada posición con gentileza y admitió honestamente que su formación no lo capacitaba para dominar las nuevas abstracciones de la cuántica y lo prejuiciaba sin esperanza a favor de un modelo material de los átomos y de [las] partículas fundamentales que veía como “pequeñas bolas de billar, preferiblemente rojas o negras” (1977, p.15).

En efecto, es importante reconocer la pluralidad representacional; no obstante, conviene identificar qué tan adecuadas y pertinentes son las representaciones de acuerdo con aquello que queremos explicar, es decir, con base en los ideales explicativos y las exigencias intelectuales que guían nuestras indagaciones.

En consecuencia, Toulmin (1977) aboga por el reconocimiento de la pluralidad representacional como evento cultural cambiante, al tiempo que resalta la importancia de las representaciones externas. De la misma manera, reconoce la importancia de las relaciones entre lo ontológico y lo epistemológico; entre el mundo y los conceptos; destaca el papel que juegan en la construcción de conocimiento –así como en la enseñanza y el aprendizaje– los *lenguajes* y las *técnicas de representación*, entre las cuales identifica tanto los gráficos geométricos, las ecuaciones matemáticas y las ecuaciones químicas, como los modelos materiales del tipo *bolas de billar*.

Ante la prioridad dada a las representaciones matemáticas, y adelantando un poco un asunto que ampliaremos posteriormente, es importante introducir aquí una reflexión reciente de este epistemólogo respecto a las relaciones existentes entre el lenguaje, el conocimiento y las representaciones; así, en contraposición a Leibniz, deja ver cómo una pretensión homogenizante y universalizante en la construcción del conocimiento deja de lado los asuntos de las diversidades culturales y de los contextos, asuntos vitales en la comprensión de la ciencia como apropiación de la cultura y del aprendizaje como enculturación; en sus palabras:

(...) el sueño de Leibniz de un método racional único, una lengua universal exacta y una ciencia unificada, componen un único proyecto diseñado para purificar las operaciones de la razón humana des-sitiándola; esto es, divorciándola de la acción comprometedora con sus contextos culturales (Toulmin, 2003, p. 25).

En concordancia, podemos decir que el sueño de Leibniz desconoce el carácter plural y comunal de las representaciones en relación con el conocimiento, con la racionalidad y con los aspectos socioculturales en su pretensión de homogeneizar la construcción de conocimiento.

En uno de sus más tempranos escritos, *Filosofía de la ciencia*, Toulmin presenta de manera interesante y clara algunas reflexiones sobre las relaciones entre realidad, modelos científicos, conceptos y técnicas de representación propias de cada una de las disciplinas científicas; reflexiones que se recrean, refinan, critican y rectifican en otras de sus obras y que aquí apenas hemos esbozado.

En lo que sigue, conviene introducir algunas de las ideas de Stephen Toulmin sobre las representaciones, su relación con los conceptos, sus conexiones con los ideales explicativos y con los problemas que dan identidad a las personas que trabajan como intelectuales de las disciplinas; el papel que éstas desempeñan en la evolución de la ecología intelectual y, especialmente, el carácter que ellas tienen como herencia cultural que reciben los aprendices de una disciplina científica.

1.2.4 Las representaciones externas como legado cultural desde la perspectiva de Stephen Toulmin

Toulmin (1977) se adhiere explícitamente a la idea de Kant respecto a que toda nuestra experiencia concierne a *representaciones* y no a *las cosas en sí mismas*. En relación con esta consideración, apartándose del realismo ingenuo y del racionalismo idealista, plantea que la representación no es la imagen interna o idea privada posterior al estímulo sensorial, ni tampoco la estructura interna de los argumentos demostrativos en los cuales los conceptos son identificados con variables de algún sistema deductivo.

Desde un enfoque sociocultural, en relación con la construcción del conocimiento, coherente con su idea de interesarse por los aspectos *públicos* del uso de los conceptos, este autor afirma que “(...) en el caso de conceptos comunales, las actividades internas o mentales son secundarias y derivadas, lo indispensable es aprender a realizar las actividades colectivas del caso” (Toulmin 1977, p.171).

Esta perspectiva epistemológica reivindica el valor de las representaciones en términos de su carácter público; por lo tanto, hace precisión sobre su importancia e indica que las representaciones no son los concomitantes conductuales de los *pensamientos internos* que demuestran capacidades intelectuales, ni deben confundirse con las nociones de *idea* o de *imagen*; tampoco están ligadas a una red de sistema deductivo formal o red cartesiana de premisas y demostraciones evidentes. Al hablar de representación Toulmin alude explícitamente a las *representaciones externas*, en concordancia, nos interesa destacar el papel de los conceptos en la expresión de los juicios colectivos y el conocimiento comunal.

Es necesario aclarar que para este epistemólogo, todo análisis sobre la cognición pasa por una interpretación de lo que son los *conceptos* y, al respecto toma postura frente al tema que ocupa sus pretensiones explicativas: la *comprensión humana*; contexto en el cual, rechaza la noción de concepto en la que se alude a éste en términos de cálculos formales o aquella noción que remite a nombres de clases empíricas de objetos; aboga por una relación de los conceptos con prácticas explicativas y con las *técnicas de representación* que hacen parte de dichas prácticas. Para él, la *representación* es parte estructural de los conceptos y como tal tiene carácter *público* y *comunal*.

Como ilustramos en la figura 1.4, Toulmin reconoce la complejidad de los conceptos científicos y alude a la necesidad de distinguir en ellos tres aspectos,³¹ a saber: a) el *lenguaje*, referido a los términos relacionados con conceptos y con leyes o principios; b) las *técnicas de representación*, como formalismos matemáticos, gráficas o diagramas, árboles taxonómicos y clasificaciones, elaboración de programas de computador; y, c) los *procedimientos de aplicación* de la ciencia, referidos a la necesidad de disponer de ocasiones empíricas o modos de aplicación para dar uso explicativo a los dos elementos anteriores.

De acuerdo con esta estructura, los dos primeros elementos –el lenguaje y las técnicas de representación– se refieren a los *aspectos simbólicos* de la explicación científica, mientras que el tercer elemento –los procedimientos de aplicación– aluden al

³¹ La estructura triádica que propone Toulmin (1977) permite aludir a los *conceptos* como sistemas explicativos. En sus primeras reflexiones epistemológicas más que a conceptos, alude a *modelos explicativos*; esto es, a lo que podríamos denominar los *modelos teóricos* aceptados en las distintas disciplinas.

reconocimiento de situaciones a las que son apropiadas esas actividades simbólicas; en relación con estos tres componentes, Toulmin (1977) agrega que el objetivo de las ciencias siempre debe ser el de mejorar los sistemas de representación y, con ellos, mejorar los procedimientos explicativos; así como, discernir acerca de la exactitud y las condiciones en las cuales la representación es aplicable en la explicación de la *naturaleza*.

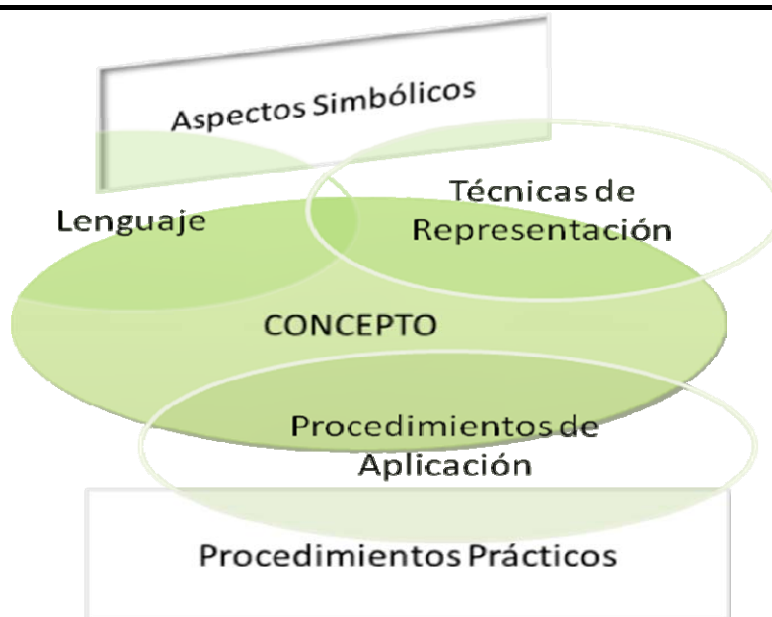


Figura 1.4 Aspectos de la complejidad de los conceptos científicos

En coherencia con lo anterior, y en relación con la representación, el autor toma distancia del término alemán *Vorstellung*³² y acoge el término *Darstellung* cuya connotación es la de *exhibir, exponer o mostrar en público*; de tal manera que la representación hace referencia al modo y a las condiciones en que por ejemplo, los formalismos propuestos o utilizados por un científico exhiben o muestran las *formas* de los fenómenos; esto es, el contenido del conocimiento es expresado en ciertas *formas gramaticales o juicios*. Desde este punto de vista, en forma reiterada, reconocemos la importancia de las representaciones mentales, no obstante, explícitamente optamos por

³² Que tiene la connotación de *estar en lugar* de algo o simbolizar algo en la mente. Este término está más relacionado con *idea o imagen mental*.

el término *representación* como alusivo a los usos colectivos, a las expresiones y aplicaciones, es decir, a las *representaciones externas*.³³

En tal sentido, destacamos las técnicas de representación como elementos fundamentales del significado y del uso colectivo de los conceptos científicos y, por tanto, recogemos la idea de Frege (citado en Toulmin, 1977) de que explicar un fenómeno no es imaginar internamente cómo puede ser ese fenómeno; la explicación exige demostrar públicamente la naturaleza de las relaciones que ejemplifica. Así, por ejemplo, los términos teóricos que aparecen en cálculos axiomáticos, pueden ser considerados símbolos lingüísticos de los conceptos científicos; sin embargo, conviene recalcar que un término definido formalmente tiene significado o recibe uso explicativo sólo asociado con la constelación de procedimientos explicativos a los que representa.

En consonancia con lo anterior, se deben señalar dos asuntos importantes: el primero, alude a que el dominio de toda ciencia, los ideales y las ambiciones explicativas dependen no sólo de la naturaleza sino, fundamentalmente, de las actitudes intelectuales con que los hombres las abordan, es decir, no dependen de la *naturaleza en sí*, sino de las *representaciones* construidas. El segundo, se refiere a que un sistema axiomático o una teoría abstracta no pueden por sí mismos explicar o representar fenómenos naturales; se debe considerar que son los científicos quienes las emplean en casos particulares para representar o explicar propiedades. En otras palabras, las formalizaciones matemáticas u otras formas representativas tienen significado en tanto hacen parte de argumentos explicativos y son los científicos, no *la ciencia*, quienes se encargan de dar explicaciones.

Al respecto, Toulmin (1964a) considera que las generalizaciones científicas no son leyes de la naturaleza, sino más bien *leyes de nuestro modo de representación*. Desde su punto de vista, todo *descubrimiento científico* implica: en primer lugar, una nueva técnica para representar fenómenos, aplicable a una amplia variedad de hechos; y en segundo lugar, la adopción de un nuevo modelo o una nueva forma de considerar estos fenómenos y comprender por qué son como son. Se ponen en relación los fenómenos que deben ser explicados mediante esa rama de la ciencia y el simbolismo que al ser

³³ Es importante anotar que Toulmin (1977) arriesga la hipótesis de que la comprensión individual reposa en un *programa mental* o *Vorstellung* al que se llega internalizando el correspondiente *modo de representación* o *Darstellung*; es decir, comparte la postura vigotskiana que, en términos de Duval (2004a, 2004b), equivale a la prioridad de la semiosis en el proceso de cognición.

interpretado en la forma sugerida por el modelo, es utilizado por los científicos para explicar dichos fenómenos.

Desde este punto de vista, las técnicas de representación cobran sentido en el ámbito de los procedimientos explicativos y, por lo tanto, la ley o la teoría no son *la explicación*, sino algo que puede *servir como explicación* cuando los científicos la invocan para dar cuenta de un fenómeno; esto es, los conceptos derivan su significado del uso que los científicos hacen de ellos en actividades explicativas. Parafraseando a Wittgenstein, las teorías, por ejemplo la Mecánica Newtoniana, imponen una forma unificada a nuestra descripción del mundo, en lugar de aseverar algo acerca del mundo; sin embargo es posible, por ejemplo, describir el mundo por medio de la Mecánica Newtoniana. Podemos decir que las representaciones imponen una forma de *ver el mundo* y, al mismo tiempo, crean nuevas *realidades*. En el capítulo IV se vuelve sobre estos asuntos, acotando las reflexiones al ámbito de la Química, en lo que tiene que ver con el concepto *sustancia*.

Para Toulmin, las nociones y principios tienen una fuerte relación con las técnicas de representación, son parásitos de éstas; de tal manera que, por ejemplo, la noción de un *rayo de luz* tiene su origen tanto en los diagramas que utilizamos para representar los fenómenos ópticos, como en los fenómenos en sí: “No descubrimos que la luz se haya atomizada en rayos individuales, sino que la representamos de esa manera” (1964 a, p. 34). En sus palabras, al tratar de separar las nociones y los principios de las técnicas de representación que les son correlativas, aquellos resultan ininteligibles o desorientadores.

Subyace en lo dicho, que cada nueva teoría acarrea una *nueva forma de pensar y de hablar* sobre los fenómenos y por tanto, los aprendices de las ciencias van acostumbrándose a utilizar el lenguaje y las representaciones de su disciplina, al tiempo que aprenden que la finalidad de una ley o principio no se encuentra asentada en la misma, sino que debe ser aprendida por los hombre de ciencia al llegar a comprender la teoría dentro de la cual dicha ley, principio o concepto se configura; lo que implica, de manera especial, la necesidad de atender a la aplicación adecuada de los mismos y a su modificación cuando la aplicación así lo amerite.

Desde este punto de vista, podemos decir que en lugar de preguntar por la verdad de un concepto, ley o principio, conviene hacer alusión al grado de generalidad en el que éstos son aplicables y en qué condiciones son válidos o sirven a los fines explicativos para los que fueron introducidos; así mismo, sin pretensión de universalidad, conviene pensar en las condiciones en las cuales es posible aplicar una técnica explicativa. La pluralidad representacional y los criterios racionales para aceptar como adecuadas y pertinentes las distintas formas de explicar los fenómenos, constituyen parte importante del legado cultural que comparten los aprendices de las ciencias.

En relación estas cuestiones y respecto a la estructura triádica, es necesario entender los conceptos asociados a constelaciones de procedimientos explicativos. De acuerdo con ello, planteamos, siguiendo a Toulmin (1977), que los practicantes de una disciplina científica demuestran la captación *conceptual* cuando aprenden, comparten, aplican y critican un conjunto de procedimientos explicativos, y demuestran cómo y cuándo aplicar esos procedimientos, es decir, sólo se aprende la significación científica cuando se determina qué procedimientos prácticos están involucrados en la aplicación de determinadas palabras o determinadas ecuaciones; debe entenderse que si sólo se aprenden las palabras y las ecuaciones de una ciencia se puede quedar atrapado en su superestructura lingüística.

En este orden de razonamientos, es posible entender que los procedimientos formales son abstracciones e idealizaciones que se derivan de las explicaciones científicas y no constituyen su contenido primario o esencial. Desde el punto de vista de Toulmin (1964a) las representaciones matemáticas pueden constituir una manera excelente de expresar las relaciones; pero advierte, entenderlas requiere que se disponga de una forma claramente inteligible de concebir los sistemas físicos que estamos estudiando. Son tan importantes las formalizaciones abstractas como otras formas de representación, en tanto permiten relacionar los conceptos y las teorías con aquellos fenómenos que se busca explicar.

Desde la perspectiva toulminiana, el repertorio de: técnicas, procedimientos, habilidades intelectuales y métodos de representación que se emplean para dar explicación de sucesos y fenómenos en el ámbito de la ciencia involucrada, es el elemento primario; es el núcleo de la transmisión que debe ser aprendido, probado, aplicado y cambiado. En consonancia, el aprendiz debe aprender cómo y cuándo aplicar

técnicas y procedimientos para explicar fenómenos; reconocer los problemas y situaciones particulares a los que son atinentes los procedimientos; de tal manera que los logros explicativos del aprendiz suministran la confirmación más inmediata y directa de que ha comprendido la significación del concepto y su papel corriente en la disciplina (Toulmin, 1977).

En este marco de consideraciones, el enfoque toulminiano plantea que los conceptos científicos son transmitidos, legados y aprendidos en los procesos por los cuales una disciplina se mantiene más allá del lapso de vida de sus creadores, es decir, los conceptos colectivos de una disciplina forman una transmisión que puede pasar de una generación de investigadores a otra; y, al respecto, se pregunta: ¿Cómo se demuestra que se ha sido culturizado en los procedimientos culturales, que ha hecho suyos los valores intelectuales y que puede aplicar sus conceptos críticamente y sugerir cambios importantes en ellos? (Toulmin, 1977).

En esta pregunta el autor hace un importante planteamiento en relación con la inclusión de la *racionalidad* como elemento constituyente del legado cultural que deben recibir los científicos. Toulmin (2003) en contraposición a Leibniz, que propone la unificación de lenguaje, método y racionalidad, nos llama a considerar que los hombres demuestran su *racionalidad*, no ordenando sus conceptos y creencias en rígidas estructuras formales, sino por su disposición a responder a situaciones nuevas con espíritu abierto, reconociendo los defectos de sus procedimientos anteriores y superándolos.

En relación con estas cuestiones, para Toulmin (1964a) los complejos conjuntos de las exactas técnicas de representación y deducción que se necesitan en la Física y en la Química, pueden y tienden a ser vertidos en forma matemática; sin embargo, es necesario reconocer el valor de otros lenguajes y de las múltiples formas representacionales que nos permiten crear un *cuadro del estado de cosas* por medio del cual nos sea posible comprender los fenómenos del mundo. Desde la perspectiva toulminiana, en relación con la pluralidad representacional y con la evolución conceptual, emerge el concepto *racionalidad* como un componente importante que se lega a los aprendices de una cultura científica.

1.3 La racionalidad: más allá de las deducciones lógico-matemáticas

Aquí es importante recordar que las reflexiones toulminianas implican tomar distancia tanto de las visiones empiristas, como de las posturas del racionalismo extremo y del positivismo lógico que con base en planteamientos profundamente deterministas como los de Galileo, para quien el libro de la naturaleza está escrito en símbolos matemáticos; y los de Newton, quien aboga por la cosmología teórica en obediencia a leyes divinas, sustentan el sueño racionalista, de los físicos: un método único, una lengua universal y un sistema unitario de la naturaleza; sueño que busca la verdad universal y trascendente, como ideal de una racionalidad perfecta.³⁴

Desde el punto de vista de Toulmin, en el siglo XVII, como una salida a los profundos problemas y diferencias, principalmente en el ámbito religioso; y, reconociendo el éxito de las representaciones geométricas y matemáticas en las explicaciones de fenómenos físicos como los movimientos planetarios, se comenzó a considerar la posibilidad de buscar en las Matemáticas la unificación del lenguaje que hiciera posible una mejor comunicación de los hombres entre sí y una mejor comprensión de la naturaleza. Esto es, el sueño de hacer del lenguaje el mejor instrumento de la razón:

Leibniz, soñó con un sistema universal de caracteres que sirviera para expresar todos nuestros pensamientos, que sirviera de sistema de comunicación entre los pueblos. Un lenguaje que expresara y codificara los modos válidos de argumentar, para razonar sin caer en la confusión y el error (Toulmin, 2003, p.114).

La perspectiva toulminiana señala que desde el punto de vista del racionalismo, especialmente durante el periodo comprendido entre el siglo XVII y finales del siglo XX, los formalismos matemáticos son reflejo del mundo y, sólo las deducciones que implican dichos formalismos, dan cuenta de la expresión de nuestra capacidad de razonar; el libro de la naturaleza está escrito en símbolos matemáticos que debemos descifrar. Además de restringir el concepto de racionalidad, esta perspectiva no hace alusión a que los formalismos cumplen la función de *representar*, es decir, no se aclara

³⁴ Este ideal se manifiesta también en el siglo XVIII, por ejemplo, en el trabajo de Lavoisier, quien añora para la Química el rigor de las Matemáticas y de la Geometría.

que son *formas teóricas* que se utilizan para explicar los fenómenos físicos. Tomar distancia de este presupuesto racionalista implica explicitar un debate sobre las relaciones entre el lenguaje, la percepción y los significados de los conceptos; al tiempo que se ponen en cuestión los significados de *racionalidad* y *razonamiento* cuando sólo se los relaciona con la lógica formal.

Como hemos dicho, estos planteamientos llevan a tomar distancia tanto de las posturas empiristas y realistas extremas –en las cuales se confunde el fenómeno con el modelo teórico explicativo–, como del racionalismo a ultranza –que busca en las abstracciones matemáticas verdades eternas e inmutables–; es decir, los modelos teóricos, los conceptos, los lenguajes y otras representaciones, como las aplicaciones de éstos en los procesos explicativos de fenómenos, se relacionan de manera funcional y estructural, de tal forma que los *aspectos simbólicos* de las teorías y los conceptos no tienen sentido sin un ámbito en el cual sean aplicables como explicación; esto es: “(...) un modelo sólo puede utilizarse para explicar el comportamiento de las cosas que en realidad son distintas al mismo” (Toulmin, 1964 a, p.155).

Al respecto, Toulmin nos dice que la utilización de modelos es diferente a la postura determinista, porque pensar que *A es B*, es una cosa, y pensar de *A como si fuera B*, es otra. No es posible pensar que un cilindro de gas *sea como* una *caja de bolas de billar*, a menos que se sepa que no es realmente dicha caja. A la pregunta de si átomos, genes, electrones o moléculas, representan algo que realmente existe o son simples *ficciones teóricas*, el autor invita a una respuesta que tenga muy en cuenta el sentido de la palabra *existen*, para lo cual retoma la analogía de las *líneas de nivel* como recursos cartográficos que no tienen contrapartes geográficas –es una ficción cartográfica–; así mismo, para un físico práctico la pregunta por la *existencia* de algo como un *neutrón*, actúa a manera de “invitación a producirlo” (1964 a, p.155).

En la misma línea de consideraciones, para este filósofo, es importante tener en cuenta que no toda entidad teórica que no se pueda demostrar que existe debe ser desechada; para él la conclusión sobre si una determinada noción debe ser dejada de lado, sólo resulta justificada si, como *el flogisto*, *el fluido calórico* y *el éter*, hubiera perdido fertilidad explicativa. Hay aquí un llamado a tener en cuenta que cada modelo implica una suposición provisoria, y que lo seguirán siendo, por fértiles y de largo alcance que hayan llegado a ser sus aplicaciones. Ellos no son eternos, ni inmutables,

por muy sofisticados que parezcan; pero, tampoco son fácilmente desechados en procesos de tipo falsacionista o verificacionista.

Acorde con lo planteado, Toulmin (2003) retoma el llamado de Bacon a desidolizar la ciencia despojándola de sus certezas, para volver a los ideales humanistas del siglo XVI; vivir con la incertidumbre, la ambigüedad y el pluralismo sin que ello implique caer en la falta de previsión técnica y, por lo tanto, en consecuencias funestas. Así pues, le da trascendencia a dicho llamado en oposición al cientificismo determinista para el cual la Física es la ciencia por excelencia, en tanto, ella encarna las posibilidades de aspirar a la certeza de los productos de la mente humana en su tarea de descifrar el código de la *naturaleza*; certezas que se ven respaldadas por la posibilidad de hallar, en la elegancia formal del lenguaje matemático y la Geometría de Euclides, los cimientos del orden de la naturaleza y de la mente.

En relación con lo anterior, este epistemólogo, retomando a Aristóteles nos recuerda que el papel de la razón en campos como la navegación, o la medicina, no se revela en cálculos formales, sino en actuar teniendo en cuenta todos los factores relevantes de la acción en cuestión, incluyendo sus consecuencias no planeadas; es decir, en dichos campos el rol de la razón se evidencia en actuar tal y como la ocasión lo requiere (Toulmin, 2003).

Reflexión que tiene un inmenso valor al recordar que a pesar de la larga hegemonía del racionalismo a ultranza, asuntos como la incapacidad para demostrar el *axioma de los paralelos* que puso en tela de juicio el monopolio euclidiano y, más adelante, los desarrollos de la Física Relativista y la Cuántica, junto con las geometrías de Lambert, Gauss, Reimann y Lobachevsky han dado al traste con el sueño de una racionalidad única atada a los formalismos matemáticos.

La creencia en un método universal, válido por sí mismo y obligatorio hoy no se sostiene; así como, no es posible la obligación de avenirse a un conjunto de reglas y procedimientos que se consideran adecuados para todas las culturas, pueblos y disciplinas. “Esto podría interpretarse como un anarquismo epistemológico, pero no debe confundirse con la irracionalidad, pues no se opone al método sino a la concepción limitada del mismo, esto es, a las limitaciones poco razonables a la creatividad humana” (Toulmin, 2003, p.131). Reconocer la pluralidad teórica y metodológica y, por lo tanto,

el carácter humano y cultural del conocimiento científico, no puede interpretarse como un desconocimiento de su valor intrínseco y de las normas para su construcción y validación.

En este orden de consideraciones, la evolución de las ciencias es un proceso de mejoramiento³⁵ de los procedimientos explicativos, y dicha evolución está en estrecha relación con el concepto *racionalidad*, entendida como la posibilidad de criticar y modificar las explicaciones corrientes o comunes de una ciencia. Para Toulmin (1977) esto sólo es posible dentro de la empresa científica cuando se han superado los esquemas alusivos a asuntos de verdad y falsedad, o a las clasificaciones lógicas – universales o particulares–. Desde su punto de vista, la alusión a si una proposición es verdadera, da paso a formular una pregunta alusiva al grado de generalidad en el cual es aplicable un concepto y en qué condiciones es válido o sirve a los fines explicativos para los que fue introducido; así mismo, a cambio de la universalidad, la invitación es a pensar en las condiciones en las cuales es aplicable una técnica explicativa.

Con base en lo anterior, podemos decir que la *enculturación* trasciende la transmisión de los conceptos y sus representaciones; se dirige a la transmisión de los ideales explicativos, lo que en muchos casos implicará modificaciones en los modelos, las terminologías o las técnicas de representación; es decir, implica cambio en la *ecología intelectual*. Estas modificaciones o cambios están relacionados con los *problemas* a los cuales los conceptos anteriores, los conceptos corrientes de la disciplina, no dan respuestas adecuadas; los problemas aparecen cuando con los conceptos corrientes no se alcanzan los ideales explicativos. Aludir a las representaciones implica siempre pensar en los problemas y en los ideales explicativos a los cuales ellas se aplican como parte de los procedimientos de una explicación disciplinar.

Como lo dicen Kelly y Green (1998) Toulmin ve la ciencia como un proceso dinámico de interacción de teorías, presuposiciones y formas representacionales. Dinámicas en las cuales se muestra que el cambio está basado en aquello que cuenta

³⁵ Más adelante aportaremos algunas razones por las cuales tomamos distancia de las ideas evolucionistas y un tanto teleológicas de Toulmin y proponemos la idea de *devenir* en las ciencias, como una dinámica que implica, además de permanencias y continuidades, rupturas y discontinuidades; cambios de ida y vuelta, síntesis y reconfiguraciones, no siempre en términos de *progreso*.

como razones para el mismo y que tales razones son contingentes y no universales y trascendentes. De acuerdo con su perspectiva, son los problemas los que crean oportunidades para la innovación intelectual y, por lo tanto, hay coexistencia de ideas, es decir, hay pluralidad teórica.

Al recordar la confesión de Rutherford, relatada por Toulmin (1977), respecto a que su formación lo prejuiciaba atándolo a un modelo material y no le permitía dominar las nuevas abstracciones de la Teoría Cuántica, se pone de relieve que la *ecología intelectual* comprende, entre otros elementos, los modos de representación, las creencias, los saberes y, en general, los compromisos intelectuales que tienen los científicos. En forma análoga, se puede decir que la *ecología representacional*, de la que hacen parte las representaciones que son objeto de enseñanza y de aprendizaje, involucra también las representaciones que los estudiantes y los profesores traen a la clase, así como, sus compromisos epistemológicos y ontológicos; las creencias y conceptos metafísicos, los ideales explicativos, las analogías, las metáforas y otros conocimientos relacionados (Posner et al., 1982).³⁶

Desde esta perspectiva, plantear el aprendizaje como enculturación y evolución conceptual, implica mucho más que el cambio en los conceptos; cambian las prácticas, las creencias, los valores y, sobre todo, lo que cuenta como conocimiento corriente en el grupo. Es decir, el aprendizaje requiere aceptar, criticar, modificar, revisar y refutar a través del diálogo los nuevos modelos explicativos: por lo tanto, en este enfoque, la *racionalidad* puede ser interpretada como disposición de los miembros del grupo a examinar y modificar ideas de cara a las evidencias y los argumentos (Kelly & Green, 1998).

Nos interesa para este trabajo, profundizar la *racionalidad* que de acuerdo con Toulmin (2003, 2006), es local, contingente y sujeta al grupo social en la cual opera. En este ámbito, son de gran valor, los aportes toulminianos sobre los *argumentos sustantivos* como expresión de las *buenas razones* para justificar y defender ideas y que éstas sean aceptadas como nuevas explicaciones. Sobre estos asuntos profundizaremos más adelante, porque en este punto, es importante hacer claridad sobre la dinámica evolutiva, conceptual y representacional como escenario de la *racionalidad*.

³⁶ Algunos de los aspectos enunciados son caracterizados por los autores de las ideas seminales sobre la Teoría de Cambio Conceptual (Posner et al., 1982), como *factores de una ecología conceptual*.

En la perspectiva de entender la dinámica de nuestro objeto de estudio, la *ecología representacional*, analizaremos desde una perspectiva toulminiana, como variante conceptual seminal, el concepto *ecología intelectual* (Toulmin, 1977); luego, el concepto *paradigma* (Kuhn, T., 1992) como concepto estrechamente relacionado con el anterior; y, como variantes conceptuales sucesoras del primero, los conceptos *ecología conceptual* (Posner et al., 1982; Strike & Posner, 1992) y, *ecología grupal* (Kelly & Green, 1998). Desde estas perspectivas, nos proponemos hacer algunas precisiones respecto a la variante conceptual que introducimos en este trabajo: el concepto *ecología representacional*.

CAPÍTULO II

2 LA ECOLOGÍA REPRESENTACIONAL COMO PROCESO PLURAL, DINÁMICO Y CULTURAL

2.1 Paradigma: una variante conceptual precedente

Al tratar otros temas aparte de la física, Aristóteles había sido un observador agudo y realista. En campos como la Biología o el comportamiento político, sus interpretaciones de los fenómenos habían sido tan certeras como profundas. ¿Cómo es que tan notable talento había fracasado al aplicarse al movimiento? ¿Cómo es que había sido capaz de decir sobre el movimiento cosas tan absurdas? Y, ante todo, ¿por qué sus concepciones habían sido tomadas tan en serio, por tanto tiempo y por tantos de sus sucesores? Cuanto más leía más intrigado me sentía. Claro está que Aristóteles pudo haberse equivocado –no me cabía duda de que tal había sido el caso– ¿pero era concebible que sus errores hubieran sido tan flagrantes?

Kuhn, 1982

Como hemos dicho, en este trabajo buscamos dilucidar asuntos relacionados con la educación en ciencias acudiendo a fuentes que como la epistemología del conocimiento científico, permiten iluminar la comprensión de los asuntos relacionados en la enseñanza y el aprendizaje de los modelos y las explicaciones científicas. En este sentido, las preguntas por la posibilidad de aprender ciencias, es decir, por la posibilidad de compartir una forma de ver y representar el mundo, y las dificultades inherentes a este proceso de enculturación, encuentran fundamento importante en los estudios que hacen algunos epistemólogos contemporáneos sobre las ciencias.

Conviene recordar que al hablar de enculturación, reconocemos que los aprendices de una ciencia traen al proceso de aprendizaje un bagaje cultural que les es propio y que

entra en relación con los nuevos aprendizajes; relación que puede potenciar u obstaculizar dicho proceso. Resulta, entonces, pertinente analizar los aportes venidos de los estudios histórico-epistemológicos, entendiendo que se puede establecer una relación, guardadas las debidas proporciones, entre quien aprende una ciencia y quien realiza trabajos de investigación, es decir, quien construye nuevos conocimientos disciplinares.

Es un lugar común en la epistemología contemporánea de las ciencias reconocer que los procesos de conocimiento implican la interacción entre el sujeto cognoscente y el objeto de conocimiento, es decir, que quien conoce no llega al proceso con la mente vacía. Así, por ejemplo, Popper (1992), contra la idea inductivista del *balde mental*, propone hablar de *holofonte mental*, en atención a que toda observación va precedida por una teoría, por unos conocimientos. Por su parte Thomas Kuhn (1992) profundiza en este asunto y lo plantea en términos sociológicos; como se deduce del epígrafe que introduce este apartado, llama a que todo juicio sobre los desarrollos de las ciencias, es decir, los juicios sobre los aportes de los científicos deben “(...) poner de manifiesto la integridad histórica de esa ciencia en su propia época” (1992, p.23).

Desde el punto de vista de T. Kuhn (1992), el reconocimiento de la científicidad en trabajos, como el de Aristóteles, que ya no admiten los calificativos de error, ingenuidad o superstición, implica considerar que los aportes intelectuales de otras épocas están enmarcados en un conjunto de creencias en las cuales estos trabajos se articulan y adquieren sentido; aunque son incompatibles con las creencias que tenemos en la actualidad, muestran la existencia de otros modos de ver el mundo; en sus palabras, otros *paradigmas*. A manera de ilustración, en la figura 2.1 sintetizamos la estructura del paradigma análogamente a una lente monocromática, como forma de ver el mundo.

El concepto *paradigma*,³⁷ que Kuhn, T. (1982, 1992) define como constelación de compromisos de un grupo, es central en el enfoque epistemológico de este autor, y hace referencia, como se muestra en la figura 2.1, a los valores, creencias y, específicamente,

³⁷ El término *paradigma* corresponde al concepto con el cual se identifica frecuentemente el trabajo epistemológico de T. Kuhn. Él mismo reconoce que es el término que más figura en su polémico libro *La estructura de las revoluciones científicas* y, desde su punto de vista, es el concepto responsable de la plasticidad excesiva que se le ha endilgado al escrito en su conjunto. En “Algo más sobre Paradigmas” (Kuhn, 1982) y en “Posdata: 1969” (T. Kuhn, 1992) el autor responde a sus críticos haciendo algunas precisiones en torno a este concepto fundamental.

a los compromisos ontológicos y epistemológicos que guían el trabajo de una comunidad científica.³⁸

Esta constelación de creencias, valores y técnicas que comparten los miembros de una comunidad dada, es el sentido general que Kuhn asigna al concepto paradigma. En sus propias palabras, es el sentido sociológico del término. Pero, en un sentido estricto y más profundo, paradigma se refiere a un elemento de ese conjunto o constelación: a las concretas soluciones de problemas; soluciones que se emplean como modelos o ejemplares y que reemplazan reglas explícitas para la resolución de problemas en el período de ciencia *normal*.

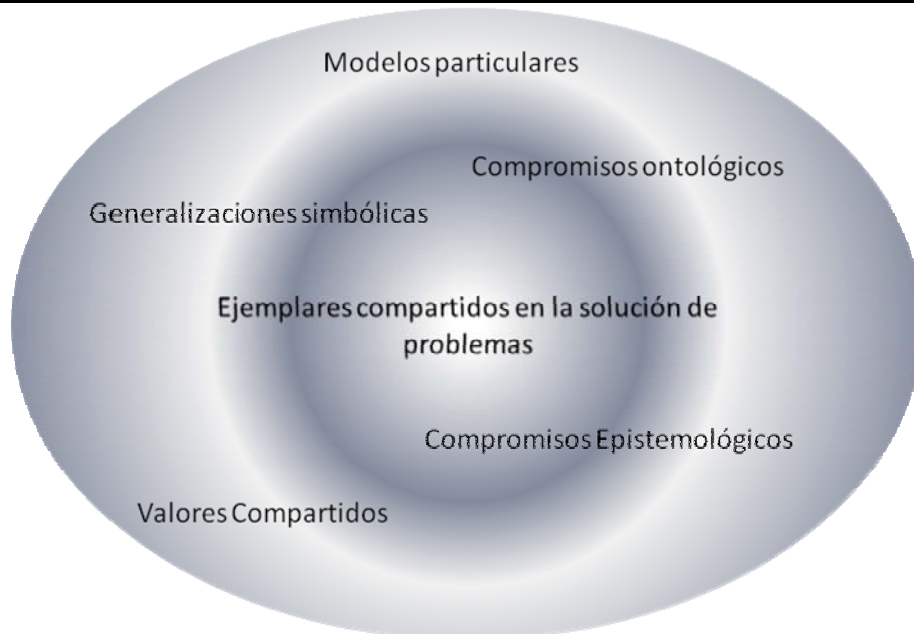


Figura 2.1 Estructura del paradigma a modo de lente monocromática

En relación con el sentido general de paradigma, Kuhn, T. (1992) sugiere el uso de la expresión *matriz disciplinaria* que hace referencia a un conjunto de elementos

³⁸ Para evitar la circularidad planteada al definir la constitución de una comunidad científica, en torno a un paradigma y la consideración de éste como aquello que la comunidad comparte, el autor reconoce la existencia independiente de las comunidades como grupos de profesionales de una especialidad científica que comparten unos objetivos comunes, un alto grado de comunicación, la unanimidad relativa del juicio grupal en asuntos profesionales, su interés en la formación de sus sucesores, etc.

ordenados, y que son posesión común de quienes practican una disciplina particular; estos elementos o componentes compartidos, que constituyen dicha matriz, son:

a) *Las generalizaciones simbólicas*³⁹ o formalizaciones expresadas en símbolos o en proposiciones que pueden funcionar, en parte, como leyes de la naturaleza y, en parte, como definiciones de los símbolos que muestran.

b) *Los modelos particulares*⁴⁰ o elementos metafísicos de los paradigmas que apoyan las analogías y metáforas preferidas y permisibles, éstas varían en una gama de ontológicas a heurísticas, de manera que ayudan a determinar lo que será aceptado como explicación y a definir los enigmas no resueltos.

c) *Los valores compartidos por la comunidad de científicos* que tienen una importancia particular en época de *crisis* o después de acoger un nuevo paradigma o nuevas formas de practicar la disciplina; así, por ejemplo: en relación con las predicciones, se valora el grado de exactitud y la posibilidad de cuantificación; en relación con el juicio a las teorías, se privilegian valores tales como: la posibilidad de formular y solucionar enigmas, su sencillez, su coherencia, y su compatibilidad con otras teorías sostenidas. Los valores compartidos otorgan a la ciencia una situación tal que no toda anomalía desencadene en crisis; no obstante, posibilitan momentos en los cuales se corren riesgos para que se den las revoluciones.

d) *Los ejemplares compartidos* son elementos que se constituyen en la base de la formación científica específica para cada disciplina. Estos ejemplares constituyen el sentido estricto del término paradigma. Visto desde esta perspectiva, el ejercicio de la actividad científica, en períodos de ciencia *normal*, se caracteriza por la existencia de un único paradigma, es decir, por un *monismo teórico* que para Kuhn, T. (1992) es inconmensurable con paradigmas precedentes. En relación con lo cognoscitivo, para este filósofo, los ejemplares tienen una importancia fundamental y otorga un lugar secundario al aprendizaje de reglas y fórmulas; ellos implican siempre la resolución de nuevos problemas o enigmas en relación analógica con resoluciones ya efectuadas; en

³⁹ Es importante resaltar aquí que las *generalizaciones simbólicas* aluden al tipo de representaciones semióticas externas que fueron ya analizadas en este trabajo desde la perspectiva de Duval (2004a, 2004b) y de Toulmin (1977).

⁴⁰ Al respecto, Kuhn, T. (1992) anota que algunas veces los miembros de una comunidad pueden no compartir estos modelos; es el caso de algunos químicos del siglo XIX que no creían en los átomos como modelo heurístico y no, por ello, dejan de pertenecer a esta comunidad científica.

resumen, el papel de los ejemplares permite decir que se aprende ciencias practicando las ciencias y no adquiriendo reglas para practicarlas.

Por otro lado, para salir al paso de quienes lo acusan de *relativista* por incluir la noción de inconmensurabilidad de las teorías, Kuhn alude a las *buenas razones* que permiten la evolución hacia una mayor estructuración y a la especialización en la actividad científica. Respecto a la elección de paradigma en períodos de crisis considera que tal elección implica un proceso de *persuasión* fundamentado en argumentos que se configuran como buenas razones para la adopción de una teoría: sus virtudes predictivas y explicativas, su precisión, consistencia, simplicidad, amplitud de aplicación y su fecundidad.

El legado de este epistemólogo, para quienes trabajamos en el campo de la educación, se evidencia en aspectos como: primero, las reflexiones que implican indagar las razones y las causas que pueden influir en la producción y en el aprendizaje de nuevos conocimientos; respecto a lo cual nos dice:

(...) busca primero las absurdidades aparentes del texto y luego pregúntate cómo es que pudo haberlas escrito una persona inteligente. Cuando tengas la respuesta, cuando esos pasajes hayan adquirido sentido, encontrarás que los pasajes primordiales, esos que ya creéis haber entendido, han cambiado de significado (Kuhn, 1982, p.13).

Segundo, las concepciones sobre del aprendizaje de las disciplinas científicas en términos de ingresar a compartir un paradigma, es decir, de recibir una preparación o iniciación profesional en escuelas o comunidades que legan a sus sucesores una determinada manera de resolver los problemas; y, tercero, la explicitación de las *buenas razones* para el cambio de paradigma; en sentido analógico, las razones que hacen posible el aprendizaje de los modelos explicativos de una disciplina científica.

Respecto al legado de Thomas Kuhn (1992) resaltamos aquí, en primer lugar, su distanciamiento de la racionalidad atada a la logicidad o a la formalización axiomática de valor universal; en segundo lugar, el reconocimiento a la existencia de unos compromisos, creencias, valores y sistemas, tanto conceptuales como representacionales, que dan significado a las explicaciones corrientes o comunes y con las cuales deben lidiar, tanto los problemas explicativos como los nuevos conocimientos

y las nuevas informaciones. Un tercer aspecto es el relacionado con el carácter social y cultural que le reconoce a los modos de ver el mundo; puntos de vista o modos de ver que aunque pueden variar entre individuos o entre grupos, son siempre compartidos.

Por lo anterior, consideramos que el concepto de paradigma, la descripción de sus elementos estructurales y el análisis de las razones para el cambio o progreso en las ciencias son aportes que se constituyen en reflexiones que además de ser fundamentales o básicas para este trabajo, se constituyen en condiciones de posibilidad, es decir, en presupuestos a partir de los cuales otros autores han hecho nuevos aportes, bien sea retomando algunos aspectos o apartándose explícitamente de ellas, pero siempre reconociéndolas como precedentes importantes.

Es el caso de los desarrollos del teórico Stephen Toulmin en el campo de la epistemología de las ciencias, con su visión evolutiva sobre el conocimiento y la comprensión humana y, en particular, con sus ideas sobre el aprendizaje; aspectos de los cuales nos ocuparemos en lo que sigue de este escrito, dada la importancia que han tenido en el campo de la educación en ciencias.

2.2 Ecología intelectual como concepto seminal

Desde nuestro punto de vista, en la posibilidad de hallar hipótesis explicativas sobre los procesos de construcción de conocimiento, los epistemólogos contemporáneos, se constituyen en fuentes ineludibles. En este sentido, T. Kuhn (1982, 1992) señala dos asuntos importantes en relación con dichos procesos: el primero, la existencia de unos compromisos centrales que guían la construcción de conocimiento; y, el segundo, la modificación de esos compromisos cuando así se requiere.

Desde la perspectiva kuhniana se ve el progreso en el conocimiento a modo de cambios drásticos, holísticos y revolucionarios; en tanto, se entiende que el entramado de compromisos implica una profunda interrelación de los elementos constituyentes de los paradigmas.⁴¹ Por su parte, Stephen Toulmin (1977) en sus estudios sobre la

⁴¹ La visión kuhniana ilumina, especialmente, la comprensión de procesos que obligan a romper con profundos compromisos ontológicos y epistemológicos; por ejemplo, quien aprende mecánica

epistemología de las ciencias, al mostrar su punto de vista sobre el progreso científico, retoma algunas ideas de T. Kuhn y se aparta de otras.

Toulmin comparte con T. Kuhn (1992) la idea de que los conceptos no forman estructuras axiomáticas con relaciones lógicas en términos de verdades y que los conceptos forman entramados cuyas relaciones no son de verdad sino de significado. No obstante, Toulmin reconoce que si bien algunos conceptos pueden formar entramados, otros pueden ser independientes; es decir, alude a la existencia de poblaciones de conceptos en un campo disciplinar.

Para Toulmin los cambios conceptuales no son sólo asunto de la articulación interna de un sistema axiomático, ni un asunto pragmático de simplicidad y conveniencia; considera necesario evaluar en la práctica cómo son aplicados y luego modificados los grupos de conceptos, en el desarrollo histórico de la actividad intelectual. En general, podemos decir que su perspectiva implica ver el progreso de la ciencia en términos evolutivos y continuistas, no revolucionarios y no holísticos.

En coherencia, Toulmin (1977) toma distancia tanto de los filósofos absolutistas que tratan el problema de la racionalidad en las ciencias en términos de exigir y otorgar autoridad suprema a un sistema lógico o axiomático, como de los filósofos relativistas que aluden a un sistema proposicional de conceptos; en consecuencia, sugiere que el contenido intelectual de las actividades racionales no forma un sistema lógico ni una secuencia de tales sistemas; por el contrario, considera que los conceptos forman básicamente *poblaciones* y que como empresas intelectuales, su racionalidad reside en los procedimientos que gobiernan el desarrollo y la evolución histórica; aunque aclara que algunas veces resulta útil representar los resultados provisionales en forma de sistemas proposicionales.

En relación con lo anterior, este epistemólogo plantea que para comprender la dinámica histórica del cambio conceptual y hallar las fuentes de su racionalidad, las empresas intelectuales deben ser vistas como empresas vivientes dentro de las cuales los conceptos hallan su uso colectivo; por tanto, dice, se requiere abandonar los análisis estáticos para llegar a los análisis de tipo cinematográfico; puesto que hoy se deben explicar la cinemática, las dinámicas conceptuales, la continuidad y las variaciones.

relativista se ve obligado a romper con los conceptos de espacio y de tiempo como absolutos. (Ver, por ejemplo: Posner et al., 1982).

Desde el punto de vista de Toulmin (1977), para comprender e identificar las consideraciones más profundas de las que los cambios conceptuales obtienen su racionalidad, se requiere analizar cómo los nuevos conceptos se introducen, se desarrollan y prueban su valor. Para esto, propone que los análisis deben centrarse en las *relaciones ecológicas* entre los conceptos y las situaciones cambiantes en que esos conceptos han sido puestos en práctica, para saber cómo esas poblaciones se desarrollan históricamente y cómo se llega a criterios prácticos de juicio aceptados y cómo esos criterios adquieren el carácter obligatorio del cual depende su autoridad.

En síntesis, se trata de comprender los procesos históricos por los cuales nuevas familias de conceptos se generan, aplican y modifican, y de reconocer que los fundamentos para comparar la adecuación de conceptos reflejan los papeles que estos desempeñan en las empresas intelectuales involucradas.

En tal sentido, respecto al cambio conceptual y sus razones, Toulmin (1977) comparte con T. Kuhn (1992) el que las *buenas razones* expuestas en apoyo de los cambios conceptuales no se pueden plasmar en una forma que se asemeje a una prueba lógica o matemática; pero, critica y toma distancia respecto a la visión revolucionista, a la que califica como una postura dogmática.

Al respecto, para Toulmin (1977), Kuhn relacionó los cambios conceptuales con su contexto histórico; pero confundió la autoridad intrínseca de las ideas con la autoridad magistral de las personas, los libros o las instituciones; esto es, se debatió entre la aceptación por méritos y la aceptación dogmática,⁴² al tiempo que confundió los procedimientos racionales y los procesos causales.

Coherente con lo anterior, Toulmin (1977) propone que el análisis de cómo se transforman progresivamente los conceptos requiere una explicación evolutiva; lo que significa reconocer: a) que una ciencia comprende una *población histórica* de conceptos y teorías lógicamente independientes, con su historia, estructura e implicaciones propias; y, b) que la racionalidad no es un atributo de los sistemas conceptuales sino de

⁴² Para controvertir la alusión a la *persuasión* como elemento del cambio, Toulmin (1977) dice que en la física los cambios más profundos exigen discusiones y razones vigorosas; toda modificación es discutida, analizada y criticada muy detalladamente antes de ser aceptada e incorporada al acervo establecido de la ciencia. Sobre este mismo término, en el anterior apartado se mostró la forma como T. Kuhn (1982, 1992) matiza su postura para defenderse de quienes lo tildan de relativista.

las actividades o empresas humanas de las cuales forman parte temporal los conceptos, los procedimientos por los cuales éstos se critican y cambian, así como los juicios y sistemas corrientemente aceptados.

Siguiendo con la perspectiva evolutiva, Toulmin plantea que las disciplinas científicas, como entidades históricas, no son inmutables; sin embargo, conservan suficiente unidad y continuidad para permanecer reconocibles con el paso del tiempo. Esta tensión entre el cambio o mutabilidad y la posibilidad de unidad, identidad y coherencia se reconoce en dos niveles: el primero, referido a la disciplina como tradición comunal de procedimientos y técnicas para abordar problemas teóricos y prácticos.

Por su parte, el segundo nivel hace referencia al conjunto organizado de instituciones, roles y personas cuya tarea es mejorar los procedimientos y técnicas –las profesiones–. A modo de caras de la misma moneda, los dos ámbitos son constituyentes de la *ecología intelectual* en una situación histórica y cultural particular.

Es en este sentido que los aspectos de las disciplinas y las profesiones son constituyentes alternativos de un mismo proceso; es decir, la historia de la empresa intelectual, la vida de las ideas o la historia interna – como procesos internos –, interactúan con las actividades de los profesionales que tienen esas ideas, es decir, interactúan con la historia sociológica – procesos externos –. Las nociones de *disciplina intelectual* y *profesión docta* son correlativas; y lo son, también, los factores que mantienen la coherencia de la disciplina y la identidad de la profesión.

Siguiendo el análisis de tipo darwinista, Toulmin (1977) afirma que las actividades humanas características de una empresa racional definen *nichos intelectuales* dentro de los cuales se plantean cuestiones de tipo disciplinario y de tipo profesional. En las primeras están los objetivos y esquemas de desarrollo; mientras que las segundas están relacionadas con la organización sociológica, los patrones de autoridad y los grupos de referencia.

Las anteriores cuestiones tienen que ver con las exigencias ecológicas de sus respectivos *nichos*; asunto que se enmarca en la analogía establecida con la evolución orgánica y que permite acoger la explicación de carácter dual *continuidad-cambio* en

términos del proceso, también dual, de *variación y perpetuación selectiva*. Al respecto, coherente con lo que denomina *teoría poblacional*, Toulmin (1977) dice que:

(...) en toda disciplina viva siempre hay novedades intelectuales, pero sólo algunas de ellas conquistan un lugar en la disciplina y son transmitidas a las generaciones siguientes, de tal modo que la continua emergencia de *innovaciones* se equilibra con una *selección crítica*, lo que explica la estabilidad y la transformación (p.150).

Desde esta visión, se comprende la existencia de *foros de competencia* adecuados donde las novedades puedan sobrevivir y mostrar sus méritos y donde éstas son criticadas y escudriñadas con severidad para mantener la coherencia de la disciplina; es decir, la *acreditación* de una *variante conceptual* exige comprender tanto los problemas que la variante debe abordar, como los conceptos coexistentes para tal fin. El patrón general de desarrollo es el de la innovación y la selección; por ende, *competencia, méritos, exigencia, éxito* son aspectos inherentes al proceso histórico de cada disciplina intelectual.

En este orden de razonamientos, los conceptos y los sistemas conceptuales son productos transitorios o disecciones de las ciencias en su desarrollo histórico; ellos varían y lo pueden hacer en forma drástica; sin embargo, es posible detectar la unidad y la continuidad de la ciencia como un aspecto que se ve reflejado en relaciones sustantivas que abarcan la sucesión de ideas en desarrollo; de tal manera que las fases posteriores de una ciencia se ven como sucesoras legítimas de las anteriores.

Para entender dicho asunto, la mirada debe dirigirse a las genealogías institucionales o de los grupos de investigación y a la forma cómo estas genealogías vinculan modelos explicativos, terminologías o técnicas matemáticas de las fases anteriores a las posteriores; no obstante, es importante señalar que a los criterios de unidad, coherencia y continuidad les subyacen *las preocupaciones intelectuales* que a modo de elementos de continuidad y no de *invariantes*, dan cuenta de tales criterios.⁴³

⁴³ Como ejemplo, Toulmin señala que a pesar de que la terminología, los modelos, las ecuaciones y los conceptos –verbigracia, los de *electrón* y de *núcleo*– sufrieron cambios radicales durante el período de 1900 a 1950, a Rutherford, Thomson, Heisenberg y Dirac los unen las mismas preocupaciones intelectuales, esto es, los mismos problemas. Los *ideales intelectuales*, las *ambiciones explicativas* y su papel en el desarrollo del pensamiento científico se ejemplifican en el caso de la física atómica, porque estos científicos compartieron una concepción muy general de la forma que debe tomar una

En otras palabras, para Toulmin la continuidad debe buscarse en los *problemas intelectuales* con los que se enfrentan sucesivas generaciones de profesionales de una disciplina y, en tal sentido, afirma que:

La secuencia de teorías, modelos y conceptos debe su legitimidad al hecho de haber resuelto problemas para los que los modelos y conceptos anteriores eran inadecuados (...) [en esta misma línea de reflexiones, agrega] La tarea de la ciencia consiste en mejorar nuestras ideas sobre el mundo, identificando ámbitos de problemas en los que puede hacerse algo para disminuir el abismo entre las posiciones de nuestros conceptos corrientes y nuestros ideales intelectuales razonables (1977, p.159-160).

De este modo, se ligan los problemas intelectuales y los *ideales explicativos* como elementos que dan continuidad e identidad a una determinada *ecología* intelectual. En este marco, aparece nuevamente el concepto de *racionalidad* y cobra significado en términos de que la calidad del juicio racional de un científico no se relaciona con su adhesión a un método sino con su sensibilidad a las diferencias en los requisitos de los problemas.

En este orden de planteamientos, desde la perspectiva toulminiana, la fuente de los problemas científicos se encuentra en la relación existente entre las actitudes de los científicos y el mundo que estudian; es decir, los problemas surgen cuando las ideas están en conflicto con la *naturaleza* o entre sí y cuando las ideas corrientes quedan atrás respecto a los ideales intelectuales. En resumen:

Los científicos ubican y especifican los inconvenientes de sus *conceptos corrientes* reconociendo la distancia entre su capacidad común para explicar los caracteres importantes del mundo natural y las *ambiciones explicativas* definidas por sus ideales corrientes de orden natural o modelos de inteligibilidad completa (Toulmin, 1977, p.162).

explicación de la estructura de la materia para explicar el comportamiento de los cuerpos materiales en el nivel atómico, basados en la noción de subestructura atómica, propuesta por Thomson. Estos físicos también compartían el ideal u objetivo comunal de hallar las maneras de explicar las propiedades importantes de los objetos y las sustancias reales para dar vida al esqueleto intelectual. Al respecto, Toulmin reitera que aunque este objetivo no es universal ni inmutable constituye una genealogía en la física atómica.

De acuerdo con lo anterior, como entidad histórica una disciplina intelectual refleja la continuidad impuesta a sus problemas por el desarrollo de sus ideales y ambiciones; de esta manera, como se muestra en la figura 2.2, la experiencia acumulada lleva a adoptar ciertos ideales explicativos que determinan las ambiciones intelectuales que tiene quien se enrola en una profesión científica, a la vez que mantiene la coherencia de la disciplina estableciendo los límites dentro de los cuales se restringen las hipótesis y la especulación y se mejoran los criterios de selección para juzgar las innovaciones conceptuales. Esto muestra la continuidad racional, pues las ambiciones intelectuales cambian de manera más gradual y continua que los conceptos y teorías que son sus productos transitorios.

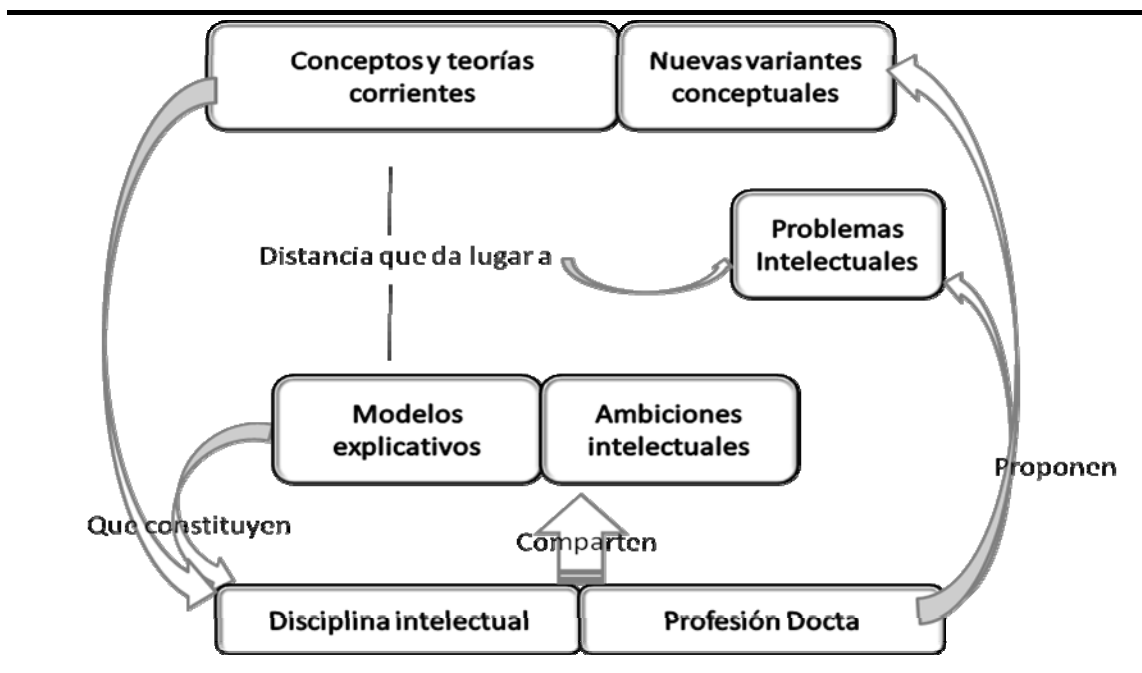


Figura 2.2 La dinámica de la ecología intelectual: modelo evolutivo de innovación y selección

Hasta aquí hemos presentado las consideraciones respecto a la continuidad y al cambio como explicaciones duales de la evolución orgánica; ahora nos ocuparemos del proceso de *variación y perpetuación selectiva* que como ya anotamos, también es dual. En relación con la *variación* se admite que puede haber en ella una iniciativa individual; no obstante, se reitera que toda variante debe ser colectivamente aceptada como digna de consideración o de que se someta a prueba, lo que requiere la comparación de una

con otra, además de la insatisfacción colectiva con el repertorio conceptual y de una propuesta individual de explicación alternativa. Respecto a las ideas individuales, Latour y Woolgar (1995) convergen con Toulmin al plantear que éstas, generalmente, devienen de discusiones colectivas y de algún modo las cristalizan.

En tal sentido, Toulmin (1977) afirma que si bien es necesaria la curiosidad y flexibilidad de los individuos, la condición fundamental para la disponibilidad de genuinas variantes conceptuales es la existencia de adecuados *foros* de discusión que permitan el debate crítico y la enmienda de ideas, que son posibles gracias a las ambiciones intelectuales compartidas por los grupos interesados. En el caso de que una variante sea aceptada como posible solución a un problema los cambios involucrados no son necesariamente holísticos; éstos pueden darse por refinamiento de la terminología, por la introducción de nuevas técnicas de representación o por la modificación de criterios para identificar casos a los que sean aplicables las técnicas corrientes.

Aquí, es importante anotar que la perspectiva evolutiva parte del presupuesto fundamental de que una genealogía conceptual debe encarnarse en la genealogía humana de una profesión científica y, en coherencia con este presupuesto, Toulmin (1977) reconoce que los factores externos, como las costumbres culturales y las instituciones sociales, influyen en el desarrollo intelectual suministrando incentivos o poniendo obstáculos de tal manera que los ritmos de innovaciones se deben también a oportunidades y exigencias sociales – donativos o apoyos económicos de diversas instituciones –.

Sin embargo, en la dinámica de una ecología intelectual, representada en la figura 2.3, si bien se admite que los factores sociales son necesarios, se considera que los factores intelectuales o internos son cruciales; es decir, se considera que el modo en que se juzgan y filtran las variables conceptuales es una cuestión prioritariamente intrínseca. En este sentido, se definen dos filtros necesarios para la aparición de innovaciones: a) una *actitud de modestia colectiva*, cuando se admite que los conceptos corrientes dejan algo que desear respecto a los ideales explicativos; y, b) la tolerancia a las innovaciones.⁴⁴

⁴⁴ Podemos decir que en algunos casos, falla la actitud de modestia y, por el contrario, se infiere una cierta arrogancia. Por ejemplo, Antoine Lavoisier invita a desconocer y olvidar los aportes científicos

Respecto a la *selección intelectual*, igualmente, se admite la existencia de causas que afectan una empresa científica, como es el caso de las modas o de los prejuicios políticos e ideológicos que pueden influir en la aparición o desaparición de conceptos; pero, aunque la ciencia muestra que es difícil afirmar que todos los cambios son de orden eminentemente racional, es importante señalar la prioridad de *razones* o consideraciones que justifican la aceptación de cambio en términos de una *mejora en la tarea explicativa*, es decir, se privilegian los cambios que se fundamentan en consideraciones intelectuales relevantes.

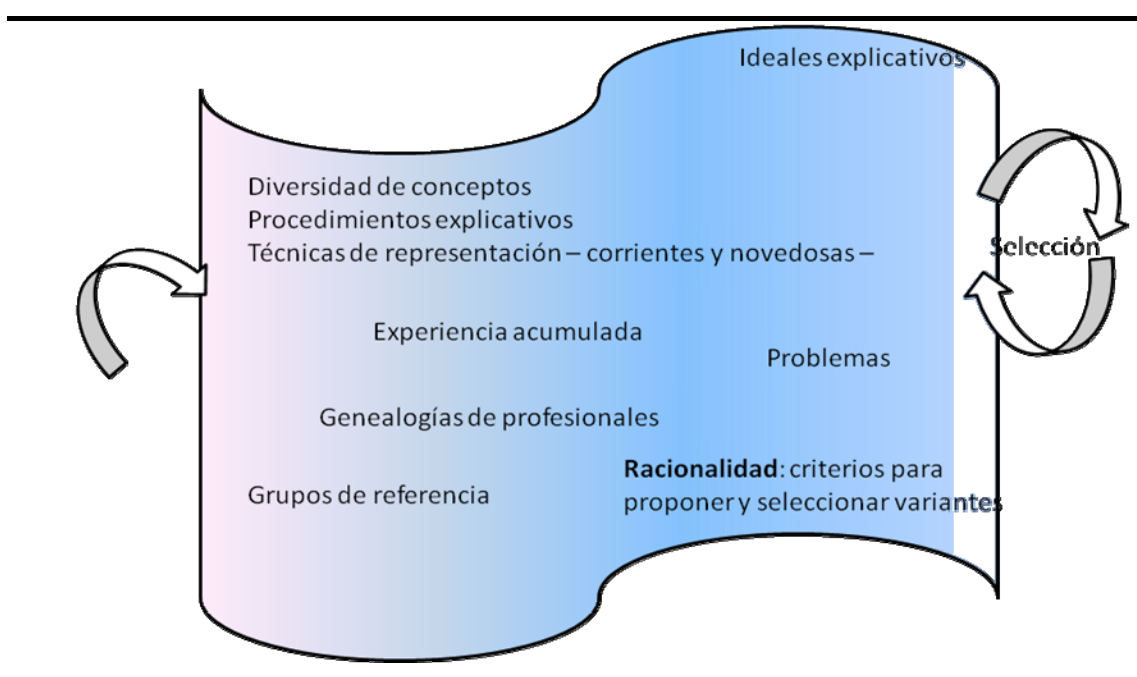


Figura 2.3 La ecología intelectual: un proceso cultural cambiante

Desde este punto de vista, el mejoramiento cualitativo o el incremento en el poder explicativo para resolver problemas se relacionan con los ideales explicativos; por lo tanto, se señalan como factores a favor de una determinada variante los siguientes: a) que extienda el ámbito de un procedimiento para incluir fenómenos antes anómalos; b)

que le anteceden, como única posibilidad de comprender sus contribuciones a la Química (Lavoisier, 1982)

que permita la unificación de técnicas explicativas de ciencias separadas; c) que supere incongruencias entre conceptos científicos y extra científicos.⁴⁵

Acerca de la evaluación intelectual de variantes conceptuales en una disciplina, el enfoque evolucionista sugiere que esta evaluación no es asunto de adjudicar validez o falsedad, sino de comparar, para determinar si la variante en cuestión mejora el poder explicativo más que sus rivales, si es pertinente de modo más exacto y preciso y, si es aplicable con mayor generalidad, exactitud o más incondicionalmente. Además, esta perspectiva advierte sobre un asunto de suma importancia: si bien los méritos deben contribuir a realizar las ambiciones explicativas, es importante tener en cuenta que los problemas y variantes conceptuales no siempre se corresponden de manera exacta, y que las innovaciones pueden tener efectos colaterales que pesan en los procesos de evaluación o valoración.

Desde esta perspectiva, se consideran como méritos que permiten evaluar las variantes: la predictividad, la coherencia, el alcance, la precisión, la inteligibilidad, la simplicidad, la parsimonia y la elegancia, entre otros. Sin embargo, Toulmin (1977) es claro en advertir que hay casos para los cuales no se aplican todos los méritos y que además, existen casos inconmesurables en los que tampoco es posible su aplicación.

Respecto a estos casos, dice este autor, pueden presentarse variedad de situaciones como: de un lado, no es posible tener índices para medir valores como la exactitud, el alcance o el grado de integración; de otro, toda valoración implica efectuar un balance entre un beneficio de cierto tipo y la pérdida de otro; así, por ejemplo, una pequeña mejora en el poder explicativo o predictivo puede conllevar al sacrificio de coherencia y elegancia; por lo tanto, toda innovación conceptual mejorará algunos aspectos y empeorará otros.

Como ya hemos dicho, en el enfoque evolutivo se defiende la existencia de continuidad en las disciplinas científicas, aunque no de invariantes; en coherencia con ello, reconocemos que los casos más *sencillos* de cambio, es decir, los cambios más razonables, son aquellos en los que hay identidad de los científicos con los objetivos intelectuales acordados en ese momento en la ciencia; sin embargo, aceptamos que hay

⁴⁵ Estos asuntos están relacionados con las cuatro condiciones para el cambio conceptual: insatisfacción, inteligibilidad, verosimilitud y fructibilidad enunciados por Posner, Strike, Hewson & Gertzog (1982), quienes admiten haberlas tomado de las ideas de Kuhn, Lakatos y Toulmin.

casos en los cuales fracasa la racionalidad, se ignoran los méritos de una terminología, de una técnica de representación o de un método de explicación debido a factores como el conservadurismo, los prejuicios, la falta de cohesión profesional, la falta de comunicación, la presión política, o la falta de apoyos.

En relación con lo anterior, Toulmin (1977) identifica otro tipo especial de cambios: aquellos en los que hay una aparente falta de racionalidad y para los cuales T. Kuhn (1992) alude a la *conversión por persuasión*. Al respecto, el primero anota que las disciplinas –aun en sus más profundas estrategias racionales, unidad y coherencia– no exigen que sus ambiciones intelectuales sean eternas e inmutables sino que sólo mantengan una continuidad suficiente.

Por otra parte, también se dan casos en los cuales las estrategias intelectuales sufren reevaluación, todo el proceso de juicio toma nueva forma, y finalmente, la pregunta por el mejoramiento de las explicaciones, pasa a ser reemplazada por la pregunta acerca de qué objetivos deben tenerse y qué nuevos tipos de tareas explicativas deben abordarse en este campo. Éstos no son *casos de rutina*, pues, en ellos se pone en discusión la autoridad soberana de una teoría e implican cambio en los *criterios de racionalidad*.

Desde el enfoque evolutivo, se toma distancia de la visión revolucionista y se plantea que siempre es posible un procedimiento racional para resolver las discrepancias, salvo que en algunos casos se cambian los argumentos formales por los históricos o consuetudinarios. Respecto a los casos para los cuales no hay procedimientos claros y los aceptados conducen a anomalías, aquellos que se trasladan a la frontera racional o a momentos de incertidumbre estratégica en la ciencia, Toulmin (1977) asume que cualquier juicio deja de ser un juicio de la disciplina y deben ser los científicos particulares los que aporten las decisiones estratégicas que han de imprimir una nueva dirección disciplinar.

Al respecto, afirma que tal postura no acoge la subjetividad, en tanto que se apela a la experiencia global de los hombres en la historia de la empresa racional involucrada sobre el tipo de razonamiento que se requiere para dar una reorientación a la empresa intelectual; de un modo tal que sobre propuestas alternativas individuales se decide retrospectivamente cuál fue la más correcta, no por consideraciones personales sino a la luz de sus consecuencias prácticas.

En este sentido se reconoce, de un lado, la relatividad de las normas y los conceptos autorizados en determinados momentos y medios y, de otro lado, contra las visiones empiristas, hay un reconocimiento a que la naturaleza no tiene un lenguaje en el que pueda hablarnos por sí misma; es la ciencia la que asume, como cuestión prioritaria, el hacer más inteligible el mundo; por lo tanto, siempre se busca que la nueva estrategia para el cambio conceptual permita elaborar los procedimientos explicativos más poderosos para mejorar la comprensión científica.

En coherencia con lo anterior, la perspectiva evolutiva pone de relieve que las exigencias intelectuales varían a través de la historia de las disciplinas, del mismo modo que pueden evidenciarse diferencias sustanciales en las metas explicativas de los científicos aún en la misma época.⁴⁶ Este reconocimiento a la amplitud de métodos y estrategias, en épocas históricas y aun en diferentes centros o escuelas de investigación, conlleva algunos planteamientos antirrevolucionistas: el primero, que la diversidad no es incompatible con la unidad y continuidad de una ciencia; el segundo, que la diversidad no afecta la mutua inteligibilidad de los argumentos de los científicos que trabajan en distintos centros, lugares o momentos; y, el tercero, que no hay un monopolio de la comprensión que sea ostentado por algún grupo o centro específico.

En este orden de razonamientos, la teoría evolucionista hace otro señalamiento importante indicando que desde una perspectiva histórica, al igual que son cambiantes las teorías y los conceptos, los criterios de selección también han sufrido un desarrollo histórico. Es decir, las buenas razones, aquellas con las que T. Kuhn se defiende de quienes lo acusan de relativista, también presentan transformaciones profundas. Conceptos como *validez, rigor, elegancia, necesidad, prueba matemática, solidez, coherencia, simplicidad, pertinencia, necesidad física*, que constituyen los principios de selección intelectual para filtrar las variantes conceptuales disponibles en cada etapa, son también *hijos del tiempo*.

Para señalar que las cuestiones de selección deben ser dirimidas en el contexto de la situación problemática particular y reiterar la existencia de una permanente tensión entre el cambio y la continuidad, así como para explicitar su desacuerdo, tanto con la

⁴⁶ Recordemos, por ejemplo, que en el Siglo XIX, en Francia, el ideal era dar a las teorías físicas una forma matemática; en cambio, en Gran Bretaña, la ambición era elaborar modelos que hicieran inteligibles los fenómenos de un modo visible y tangible, más que matemático.

visión libertaria de Feyerabend (1989) como con la visión kuhniana, Toulmin afirma que:

(...) sin duda hay situaciones en que las teorías existentes deben ser repensadas y en las que sería impropio poner trabas a la imaginación conceptual de los científicos en nombre de un paradigma establecido, pero debe haber algún tipo de prioridades intelectuales, y no podemos considerar todas las variantes conceptuales de manera totalmente al azar (1977, p.264).

En consecuencia, desde el enfoque evolutivo, es fundamental reconocer que los cambios de visión en una disciplina científica han requerido un juicio teórico a los científicos involucrados y que, por lo tanto, la decisión reposa en la existencia de concepciones compartidas de aquello que cuenta como un *mecanismo*, una *explicación* y la *inteligibilidad* que subyacen en los ideales explicativos corrientes de las ciencias. De tal manera que siempre se eligen tipos de teorías en cuya inteligibilidad y fecundidad se tiene una confianza racional; es decir, los cambios no se imponen por modas, pruebas experimentales o necesidades matemáticas y tampoco las decisiones reposan en caprichos. No hay allí asuntos de falta de racionalidad.

En relación con los cambios que ocurren en ese conjunto de elementos y factores que denomina *ecología intelectual* y, específicamente, con la racionalidad que está implicada en estos cambios, Toulmin (1977) señala un aspecto crucial al afirmar que no son *los argumentos* los que deben considerarse extra científicos, sino asuntos tales como la censura o las sanciones legales que devienen en acciones del conservadurismo, el dogmatismo o el *odium professionale*. Desde su punto de vista, lo contrario de la *razón* son los prejuicios y las supersticiones, las cuales tienen que ver, no con las opiniones en sí, sino con la forma en que las sustentamos y las hacemos valer.

A modo de resumen, podemos decir que el enfoque toulminiano sobre el progreso de las disciplinas científicas centra sus análisis en la *ecología intelectual* como concepto que alude al conjunto de elementos y factores que aunque diversos y cambiantes, dan identidad a una disciplina científica y a los profesionales que trabajan en aras del

crecimiento y el mejoramiento del poder explicativo de los conceptos que comparten, como organización disciplinar, plural y cultural.⁴⁷

Como lo hemos planteado, éste es un concepto que resalta el devenir histórico y cambiante, pero, también, la continuidad y la coherencia; así como los aspectos internos o netamente disciplinares y los factores sociológicos que intervienen en el desarrollo histórico de las disciplinas científicas. Es en el marco de la *ecología intelectual* donde cobra sentido el concepto de *racionalidad*, entendido como disponibilidad para aceptar los cambios, en un permanente proceso que pone en juego la tensión entre las innovaciones y la experiencia acumulada, entre los procedimientos explicativos corrientes, los ideales explicativos y los problemas significativos que su diferencia genera.

Es importante resaltar los aportes de la visión epistemológica evolutiva; ellos trascienden la alusión al aprendizaje como la puesta en práctica en una determinada forma de ver el mundo y de resolver problemas, de una manera un tanto dogmática, para señalarnos el valor de apropiar las metas y propósitos a los cuales deben atender los problemas y de los cuales ellos surgen.

En coherencia con lo anterior, el concepto de ecología intelectual y los que le son inherentes –*racionalidad* como correlativo a *flexibilidad intelectual*, lo que el autor denomina *modestia y tolerancia a las innovaciones* y la *capacidad crítica*– se constituyen en el legado cultural que se debería transmitir a las nuevas generaciones que se forman en los diferentes campos disciplinares. Aquí el sentido de *transmitir* es el de permitir ejercitarse en el quehacer de una disciplina, no en el sentido receptivo y pasivo.

Al respecto, es posible decir que las propuestas tradicionales de enseñanza y aprendizaje hacen énfasis en la *transmisión* de teorías y conceptos, generalmente en el sentido pasivo y en la *formación* para resolver problemas por medio de reglas y algoritmos. Vale aquí indagar si, desde nuevas propuestas, a la luz de los aportes de la perspectiva toulminiana de enculturación, es posible plantear y desplegar la enseñanza como el ejercicio de legar aspectos de la ecología intelectual donde se privilegie la

⁴⁷ Un caso muy ilustrativo de una *ecología intelectual* es el que describen Latour y Woolgar (1995) al analizar, desde una perspectiva antropológica, “la vida en el laboratorio y la construcción de hechos científicos” en la neuroendocrinología como campo disciplinar. En el Capítulo IV de esta investigación se alude a algunos aspectos de las posibles *ecologías intelectuales* en las cuales se inscriben los diversos significados del concepto *sustancia* y otros que con él se relacionan.

explicitación de elementos como los ideales explicativos a los cuales responden los conceptos o modelos explicativos y, sobre todo, donde se debatan, en procesos argumentativos, las razones por las cuales pueden cambiar o ser aceptados, tanto los conceptos y modelos teóricos, como los ideales explicativos y los problemas que les son correlativos.

En la vía de continuar con la presentación de los presupuestos teóricos que fundamentan este estudio, es importante reseñar, a modo de antecedentes, algunos aportes de trabajos propios del campo de investigación en educación en ciencias, concretamente, los aportes de trabajos inscritos en el *Programa de Investigación en Cambio Conceptual*⁴⁸ dado que ellos, con base en los desarrollos de la epistemología de las ciencias, específicamente, tomando como fuentes las ideas de T. Kuhn (1982, 1992), de Lakatos (1987) y, particularmente, las de Toulmin (1977), proponen un concepto de gran interés para este trabajo, el de *ecología conceptual*. En lo que sigue se presentan algunos aspectos importantes relacionados con dicho concepto.

2.3 Ecología conceptual: una variante novedosa en el campo de la Educación en Ciencias

En primera instancia, es pertinente anotar que hoy es un lugar común entre los investigadores resaltar los aportes de los estudios en historia y epistemología de las ciencias al naciente campo de la didáctica de las ciencias experimentales (Matthews, 1994; Mellado & Carracedo, 1993; ver también los citados en Gil, Carrascosa & Torrades, 1999); es decir, se reivindica el valor de los análisis acerca de la naturaleza de la ciencia como fundamento de las más importantes investigaciones y propuestas para la enseñanza y aprendizaje de las disciplinas científicas.⁴⁹

En relación con lo anterior, es importante anotar que en la línea de superar los enfoques conductistas respecto a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, los

⁴⁸ Por ejemplo: Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982); Strike y Posner (1985); Hewson y Thorley, (1989); Strike y Posner (1992); Pintrich, Marx y Boyle (1993)

⁴⁹ Vale destacar, a modo de ejemplo, el reconocimiento que hace Novak (1985) a la obra de Toulmin (1977), *La comprensión humana*, como fundamento a las propuestas que buscan el mejoramiento de la educación en ciencias.

investigadores adscritos al Programa de Investigación en Cambio Conceptual reconocen el enorme valor que tienen los trabajos de investigación que se han realizado desde la perspectiva de la psicología cognitiva, en asuntos tales, como: estructuras subyacentes, ideas erróneas, ideas alternativas, entre otros; sin embargo, consideran que en la vía de comprender el aprendizaje y el papel que en éste juegan las ideas que los estudiantes traen a la clase, son las hipótesis venidas de la filosofía contemporánea de las ciencias las que pueden hacer una mayor contribución.

En la perspectiva del Programa en Cambio Conceptual, el aprendizaje se entiende como la posibilidad de cambio de unas ideas centrales y organizadoras, desde un conjunto de conceptos a otro incompatible con el primero,⁵⁰ como se muestra en la figura 2.4. Por lo tanto, desde este enfoque, interesa indagar cómo cambian los conceptos con el impacto de nuevas ideas y nuevas informaciones y, en esto, los estudios epistemológicos tienen mucho que aportar.⁵¹

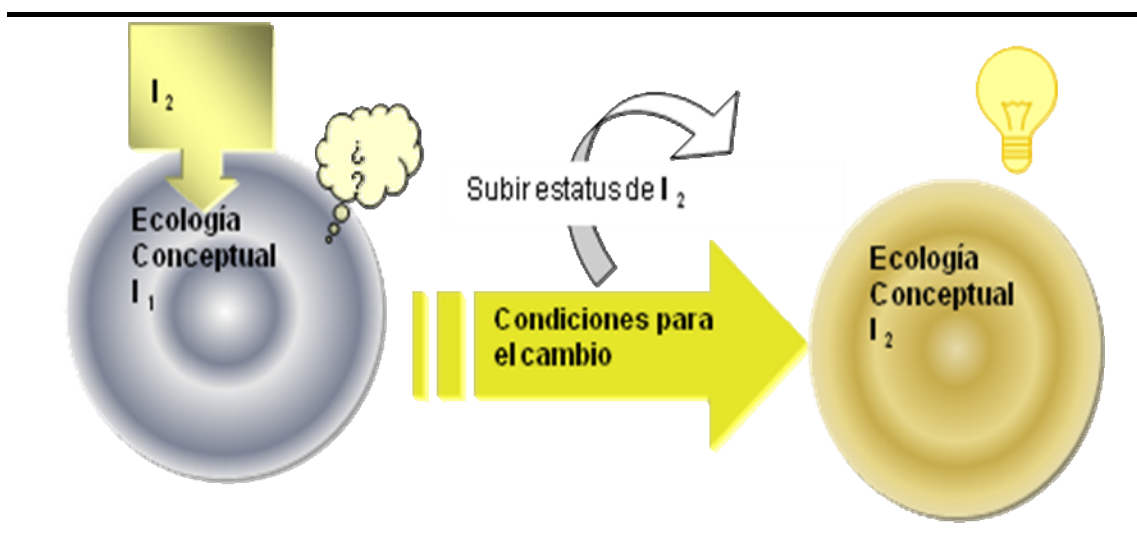


Figura 2.4 El aprendizaje como cambio conceptual

⁵⁰ Si bien en el artículo seminal Posner et al. (1982), el cambio conceptual se entiende como reemplazo de unas ideas centrales por otras, en otros trabajos, aluden al aprendizaje como cambio en la *ecología conceptual* (por ejemplo, Hewson y Thorley, 1989; Strike & Posner, 1985; Strike & Posner, 1992)

⁵¹ Es importante anotar que en el asunto de indagar por el impacto de las nuevas ideas o nuevas informaciones, el enfoque de las representaciones sociales hace enormes contribuciones. Más adelante haremos una relación que permita destacar los aportes de cada enfoque y las luces que desde cada uno permiten dilucidar las cuestiones de las que nos ocupamos en esta investigación.

En este sentido, Posner et al. (1982), justifican su fundamentación epistemológica, explicando que para ellos el aprendizaje no es la adquisición de un conjunto de conductas o de ideas correctas, sino un proceso que permite comprender y aceptar ideas, en tanto, éstas puedan ser inteligibles y racionales; es decir, aprender es una actividad racional, al igual que lo es la actividad de investigar; por lo tanto, consideran que las pautas que rigen el cambio conceptual en las ciencias pueden ser análogas a las que se dan en el proceso de aprendizaje.

Desde este presupuesto plantean que como lo señalan Kuhn, T. (1992) y Lakatos (1987), el cambio conceptual en las ciencias presenta dos fases; la primera, constituida por unos compromisos centrales que sirven de marco a la investigación – para Kuhn, los paradigmas; para Lakatos, los programas de investigación científica –; y la segunda, la fase de modificación de esos compromisos centrales o supuestos básicos. En forma análoga, se considera que el aprendizaje ocurre teniendo como trasfondo los conceptos que el estudiante trae al iniciar el proceso, porque la comprensión de las nuevas ideas tiene que ver, muy especialmente, con el estatus que tengan las nuevas ideas respecto a las anteriores y, por lo tanto, con las condiciones para el cambio (Hewson & Thorley, 1989).

Estos investigadores se centran, principalmente, en los análisis de lo que ellos denominan cambios conceptuales radicales o procesos de acomodación; es decir, los que ocurren a modo de las revoluciones de las que habla Kuhn, T. (1992); sin embargo, en sus tesis introducen el concepto de *ecología conceptual* que como ellos lo reconocen, toman prestado de Toulmin (1977)⁵² y lo definen como un conjunto de conceptos que gobiernan el cambio conceptual o que guían el proceso de acomodación.

Al respecto se preguntan: ¿cuáles son las características de una ecología conceptual que gobierna la selección de nuevos conceptos?, y ¿bajo qué condiciones va un concepto central a reemplazar a otro? En el contexto de estos presupuestos e interrogantes, Posner et al. (1982) describen las dos fases o aspectos que para ellos son clave en el proceso de aprendizaje; primero, los *factores* de una *ecología conceptual* y

⁵² Conviene recordar que el concepto original en Toulmin (1977) es *ecología intelectual* y se refiere a un proceso cultural, en el cual los cambios son a modo evolutivo. En la línea del Programa de Cambio Conceptual, el concepto *ecología conceptual* hace referencia a un cuadro dinámico, pero individual y revolucionista, quizás más coherente con el concepto kuhniano de paradigma.

segundo, las *condiciones de la acomodación o condiciones para el cambio conceptual*. Estas dos fases las sintetizamos en la figura 2.4.

Respecto a la primera fase, afirman que está referida a los conceptos vigentes en una persona, es decir, aquellos que tienen influencia en la selección de un nuevo concepto, que determinan la dirección de la acomodación y que se constituyen en el vínculo mediante el cual un rango de problemas se hace inteligible. Estos conceptos están relacionados con la experiencia previa, con las imágenes y con los modelos que los hacen intuitivamente obvios y que, por lo tanto, hacen parecer erróneos e ininteligibles los conceptos que con ellos compiten.

Respecto a las condiciones para el cambio, coherentes con el rechazo a la visión empirista de fundamentar la aceptación de una teoría sólo por su poder predictivo, suponen que acorde con perspectivas más actuales de la filosofía de las ciencias, la aceptación de una teoría tiene como base los problemas generados por la teoría predecesora y la naturaleza de la confrontación con la nueva teoría.

En este orden, Posner et al. (1982) describen la ecología conceptual como constituida por los siguientes factores: a) las *anomalías* o fallos específicos de una idea dada; b) las *analogías y metáforas* que sirven para sugerir ideas o para hacerlas inteligibles; c) los *compromisos epistemológicos* que incluyen: los *ideales explicativos* y los *puntos de vista acerca del carácter del conocimiento* –criterios como: elegancia, parsimonia, no ser *ad-hoc*–.

Cuentan también como factores de la ecología: d) las *creencias y los conceptos metafísicos sobre la ciencia*; entre las primeras se incluyen aquellas sobre el orden y la armonía en la naturaleza, y las que relacionan la ciencia con la experiencia cotidiana; entre los conceptos metafísicos de la ciencia están, por ejemplo, los de espacio y de tiempo, que no tienen posibilidad de refutación empírica directa; y, e) *otros conocimientos*: conceptos competitivos y conocimientos de otros campos.

En un artículo posterior, Strike y Posner (1985), adicionan como factores de la ecología conceptual: los *ejemplares prototípicos y las imágenes* que determinan intuitivamente lo que es razonable; y la *experiencia pasada*, ante la cual pueden aparecer inaceptables las nuevas ideas. La descripción de la ecología conceptual incluye como factores constituyentes tanto elementos de los *paradigmas* de Kuhn, T. (1992),

como factores de la *ecología intelectual* de Toulmin (1977), aspectos que tanto en la perspectiva revolucionista como en la evolutiva son compartidos, es decir, son de orden sociocultural.

Respecto a la segunda fase, las condiciones para el cambio conceptual, estos investigadores enuncian como condiciones comunes a la mayoría de casos de lo que denominan acomodación o cambios radicales, las siguientes: a) *insatisfacción con las ideas existentes*:⁵³ como proceso que implica pérdida de fe en la capacidad de los conceptos vigentes; b) *inteligibilidad* de la nueva idea; aspecto que incluye, por ejemplo, la importancia de analogías y metáforas para dar sentido a los nuevos conceptos.

Completan estas condiciones para el cambio: c) la *plausibilidad*, como capacidad de la nueva idea para resolver problemas antes no resueltos y que está ligada a la coherencia de dicha idea con otras ideas u otros conocimientos; y d) la *fructibilidad* o posibilidad de abrir nuevas áreas de investigación. La interacción entre los factores de la ecología conceptual y las condiciones para el cambio constituyen, desde esta perspectiva, la dinámica del proceso de aprendizaje.

Es importante señalar que los análisis que se hacen en los trabajos antes mencionados –en los cuales se entiende el aprendizaje, inicialmente, como cambio de unas ideas por otras y, más adelante, como cambio en la ecología conceptual– son trabajos centrados en estudios de carácter individual; es decir, se alude a la forma como cada persona aprende; no se hace referencia a los aspectos culturales y sociales, en los que sí hacen énfasis los análisis de la filosofía de las ciencias.

Sin embargo, al describir la ecología conceptual con base en elementos constituyentes de los paradigmas y de la ecología intelectual – que son, por principio, para los epistemólogos que los proponen, asuntos sociales y culturales – podríamos decir, como supuesto tácito, que ha ocurrido una internalización, en el sentido vigotskiano, de esos presupuestos o compromisos.

⁵³ Para Toulmin (1977), la insatisfacción es un factor para la variación. Tiene que ver con la *modestia colectiva* frente a las ideas corrientes; las otras tres condiciones aparecen, entre otras, como aspectos ligados a la selección de variantes.

En coherencia con lo anterior, debemos reconocer que los investigadores pioneros del Programa en Cambio Conceptual, aunque se han centrado en aspectos de carácter individual y han enfatizado en el aprendizaje como cambio de ideas, han hecho aportes de gran valor para la comprensión del aprendizaje, especialmente, con la descripción de la ecología conceptual, las condiciones para el cambio y la relación de ambos aspectos con la dinámica general del proceso.

No obstante, en este trabajo, más que el concepto de aprendizaje como cambio de unas ideas por otras, acogemos el sentido amplio propuesto por Toulmin (1977), es decir, el concepto de aprendizaje como *enculturación*, entendida ésta como un proceso que permite el acercamiento al conjunto de modelos explicativos y modos de trabajo implicados en las disciplinas científicas. Aprender implica, entonces, la posibilidad de participar de una ecología intelectual; por lo tanto, interesan los aspectos culturales y sociales inherentes a ese proceso de aprendizaje, aspectos que aquí consideramos análogos a los relacionados con los de los profesionales que practican una disciplina científica.

Con base en estos presupuestos, además de reconocer la enorme complejidad del proceso de aprendizaje y de evitar las relaciones dicotómicas, en este trabajo consideramos que el proceso de aprendizaje de las ciencias tiene como trasfondo o como escenario, una ecología representacional,⁵⁴ es decir, un conjunto o gama de elementos y procesos –léase: conceptos, modelos explicativos, metáforas, experiencias previas, entre otros– que están en permanente competencia y que como representaciones externas, son compartidas con otras personas en procesos de comunicación o interacción.

Todo lo anterior implica reconocer que los cambios en la ecología representacional no son unidireccionales; por el contrario, resaltamos la complejidad en la interacción de saberes que hacen parte de dicha ecología. Nos interesa, entonces ahora, plantear algunos aspectos del concepto cuyo significado esperamos ampliar con los análisis de los datos hallados en este proceso de investigación.

⁵⁴ Se debe entender lo *representacional* en términos de que el conocimiento humano no se refiere al mundo en sí sino a las representaciones que nos hacemos del mismo.

2.4 La ecología representacional: una variante conceptual para la comprensión del aprendizaje como actividad cultural

El concepto nucleador de este trabajo, *ecología representacional*, deviene directamente del concepto toulminiano de *ecología intelectual*, como concepto que resalta el carácter cultural dinámico y plural de la construcción de conocimiento y el papel de la *racionalidad* en este proceso. Es por ello que en este trabajo tomamos distancia del concepto de *ecología conceptual* y nos acercamos al de *ecología grupal* propuesto por Kelly y Green (1998).

De acuerdo Kelly y Green (1998), los estudios sobre cambio conceptual se han centrado en la forma cómo los individuos acomodan la nueva información en su historia intelectual; pero, por otra parte, han dejado de lado una importante consideración: el grupo que aprende actúa como una cultura que en interacción construye normas, expectativas, reglas y roles que guían la construcción en el día a día; es decir, desde su punto de vista, la *ecología individual* interactúa con la *ecología grupal* y crean las condiciones para el cambio.

Desde este punto de vista, los individuos enfrentan situaciones similares a la de los científicos al identificar nuevos *candidatos* para incluir en su ecología y es en estas situaciones en que se da la interacción de las ecologías individual y grupal; dichas situaciones están regidas por la normativa de un mediador que puede ser el profesor, el libro de texto u otro artefacto curricular.

Respecto a la construcción de conocimiento y al aprendizaje, importan tanto los aspectos normativos y epistemológicos como los de carácter sociológico. No obstante, nos decantamos por el concepto de *ecología representacional* para priorizar los asuntos relacionados con las representaciones externas como legado cultural y como formas de expresar nuestra racionalidad, sin dejar un poco de lado asuntos cruciales como los de orden valorativo y afectivo.

En relación con lo anterior, en este trabajo acogemos algunos aportes de la perspectiva del cambio conceptual; sin embargo, en la búsqueda de enfatizar los aspectos socioculturales, recogemos dos ideas fundamentales de Toulmin (1977) que están relacionadas con la perspectiva evolutiva sobre el conocimiento. Se trata de

asuntos ligados a los procesos de innovación y de selección, los cuales resulta pertinente recordar: *la diversidad teórica y representacional y los efectos colaterales de toda selección*; el primero, muy ligado con la posible estructura de la *ecología representacional* y, el segundo, ligado a los cambios que en ella se pueden dar, por tanto, relacionada con la *racionalidad*.

Respecto a la primera consideración, el reconocimiento a la diversidad teórica y representacional –no sólo de ideas o conceptos sino, especialmente, de lo que podríamos llamar escuelas, tendencias teóricas o posibilidades de explicación–, podemos decir que ésta conlleva a la aceptación de que es posible la comunicación y la inteligibilidad entre esas diversas posturas teóricas y, lo que es más importante, el reconocimiento a que no hay monopolio respecto a la comprensión. La referencia a los *efectos colaterales* de una determinada innovación implica el reconocimiento a que la elección de una determinada idea explicativa no es un asunto simple debido a que puede traer ganancia en unos aspectos y pérdida de otros.

En este orden de reflexiones, el análisis del aprendizaje como un proceso de apropiación cultural implica dos consideraciones básicas: la descripción de los elementos constituyentes de la *ecología representacional* y la descripción de algunos aspectos de la dinámica que ella implica. Vale la pena anticipar una de las hipótesis básicas que hemos planteado en este trabajo, en relación con la estructura o constitución de la *ecología representacional*: de esta *ecología* hacen parte fundamental una gama de elementos, entre los que están: de un lado, el conocimiento no científico que hoy, en un mundo inmerso en la ciencia y la tecnología, podría corresponder con las denominadas *representaciones sociales*.⁵⁵

De otro lado y estrecha interacción, podrían estar algunos componentes de la *ecología intelectual* que los profesores u otros mediadores –textos guía, programas de computador, entre otros– han pretendido compartir con los estudiantes que se forman como profesores de las disciplinas científicas, en el caso particular de esta investigación. Señalamos aquí la presencia de una construcción didáctica en dicha pretensión.

⁵⁵ Más adelante hacemos referencia a la teoría de las representaciones sociales, marco conceptual que intenta explicar la epistemología de un conocimiento de sentido común, propio del mundo contemporáneo.

En relación con la segunda consideración, la de los efectos colaterales de toda selección, debemos señalar que entender el aprendizaje como enculturación implica pensar que la dinámica en la ecología representacional podría mostrar un desplazamiento en dirección de la apropiación de los elementos de la ecología intelectual de una disciplina; sin embargo, esta visión implica, muy especialmente, reconocer que se pueden dar procesos pluridireccionales; esto es, puede fortalecerse, por ejemplo, la formación o consolidación de representaciones sociales, debido a la presencia de procesos como la *objetivación* y el *anclaje* o la carencia de *ortodoxia*⁵⁶ en relación con los modelos científicos; aspectos que de acuerdo con la teoría de las representaciones sociales, propician las condiciones de formación de estas representaciones. En la figura 2.5 esquematizamos esta dinámica.

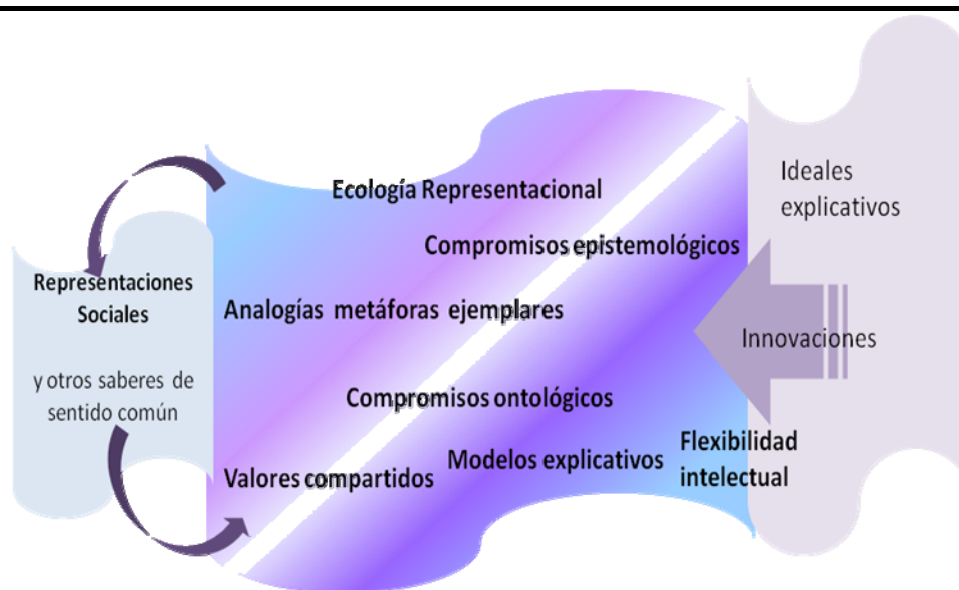


Figura 2.5 Elementos a considerar en una dinámica de la ecología representacional

Los aportes teóricos tratados hasta ahora permiten enfocar y analizar, especialmente, aspectos relacionados con la cultura científica o disciplinar; no obstante, es importante reconocer que para una mejor comprensión del aprendizaje de las ciencias – además de los aportes de la filosofía de las ciencias, de las ciencias cognitivas y de la didáctica de las ciencias o educación en ciencias –, es fundamental presentar un enfoque teórico que

⁵⁶ Como veremos más adelante, este término no se debe confundir con la tendencia al dogmatismo.

permite iluminar, desde una perspectiva de la psicología, los análisis de lo que se puede denominar como conocimiento de sentido común⁵⁷ o no científico, con el fin de caracterizar otros posibles componentes de la ecología representacional.

El enfoque teórico al que nos referimos es la Teoría de las representaciones sociales, que como su nombre lo indica, describe un tipo particular de representaciones: las denominadas *representaciones sociales*. A dicha teoría hacemos referencia en el siguiente apartado; sin embargo, conviene anotar que la identificación estricta de tales representaciones sobrepasa las pretensiones de comprensión de este estudio.

2.5 Las representaciones sociales y sus posibles relaciones con el aprendizaje de las ciencias

2.5.1 Las representaciones sociales: más que reciclaje de saber científico

En esta investigación hacemos alusión a las *representaciones sociales* como posibles constituyentes de la *ecología representacional* y arriesgamos la hipótesis respecto a que algunos procesos de construcción didáctica, en términos de Chevallard (1991), transposición didáctica, podrían estar a la base de la emergencia o afianzamiento de este tipo de representaciones. Es por esto que presentamos aquí algunas reflexiones relacionadas con estos asuntos.

Comenzamos precisando con Sá (1996) que el término *representaciones sociales* designa tanto un conjunto de fenómenos como el concepto que los engloba y la teoría construida para explicarlos. Esta última, la Teoría, emerge en el campo de la Psicología, apoyada por condiciones como el auge de las teorías constructivistas, los abordajes cualitativos y el creciente interés por el papel de lo simbólico. Surgimiento que está relacionado con el trabajo de Serge Moscovici (1961) y la publicación de su obra pionera, *El psicoanálisis, su imagen y su público*, obra en la que

⁵⁷ Debe entenderse que en la ecología representacional hay una gama de representaciones y no una dicotomía: conocimiento común/conocimiento científico.

el investigador francés da a conocer su trabajo acerca de la comprensión de lo que él describe como procesos en los cuales el *juego de la ciencia* se convierte, en parte, en *juego de sentido común*.

En la perspectiva que considera a la *Teoría de las representaciones* como epistemología de un tipo particular de conocimiento de sentido común, las *representaciones sociales*, reconocemos; primero, que las ciencias no son las únicas proveedoras o fuente para la construcción de dichas representaciones y, segundo, que el proceso de construcción de las mismas trasciende con creces el *reciclaje* de saber científico. No obstante, nos interesa de manera particular ahondar en indagaciones entorno a relaciones que se establecen hoy, en el denominado mundo de la ciencia, la tecnología y la comunicación, entre los conceptos científicos y el conocimiento común contemporáneo.

En palabras de Sousa (2000), la Teoría de las representaciones, busca indagar por las formas de inserción y las implicaciones del conocimiento científico en el diario vivir de los grupos sociales; bajo el presupuesto que los *universos reificados*⁵⁸, caracterizados por la producción de conocimiento científico, proveen la materia prima para la construcción de las representaciones propias de los *universos consensuados*⁵⁹, es decir, para la construcción de representaciones sociales. Una cuestión que completamos resalando que en los dos ámbitos los conocimientos construidos son culturales, representacionales y racionales, en el sentido que a cada uno de estos conceptos hemos dado en esta investigación.

De manera un poco simplista y a modo de primera aproximación a la construcción de representaciones sociales, diremos que hoy, ante las realidades construidas por las disciplinas científicas, frente a esas realidades extrañas o no familiares, las personas construyen el conocimiento común que hace posible tomar postura frente a lo *real científico*; se construye un conocimiento que permite a las personas moverse en su entorno con seguridad y confianza, evitar las incertidumbres y dar respuestas prácticas e inmediatas ante las realidades que por desconocidas, resultan amenazantes.

⁵⁸ En términos de Chevallard (1991), sería la esfera del “saber sabio”

⁵⁹ Aquí lo consensuado alude a conocimiento común; no obstante, resaltamos que construcción de conocimiento científico es también asunto de construcción intersubjetiva y consensuada, sin embargo, implica una rigurosidad que escapa al conocimiento de sentido común.

Al respecto, con base en posturas epistemológicas contemporáneas, es importante reconocer que como lo plantea Heisenberg (1985), en las ciencias contemporáneas la noción de *realidad* no se corresponde con la noción de realidad tangible y perceptible; se alude a lo *real científico*; a la realidad construida por el intelecto humano. Hoy las ciencias, especialmente la física contemporánea, cuestionan la objetividad en sí, los absolutos, el determinismo y el naturalismo.

En este punto consideramos pertinente precisar que respecto a las relaciones entre los conocimientos científicos y el conocimiento de sentido común, nos movemos en dos direcciones; la primera, de la que se han ocupado principalmente epistemólogos de las ciencias, implica la pregunta respecto a si a la construcción de conocimientos científicos subyace un refinamiento del conocimiento común, si por el contrario se requiere ruptura con éste, o si son dos formas independientes de llegar a la comprensión de fenómenos. La segunda dirección se refiere a la construcción de conocimiento de sentido común con base en el saber sabio.

Respecto a la primera dirección, en concordancia con lo planteado por Heisenberg (1985), Moscovici y Hewstone (1986) afirman que si bien es aún frecuente aludir a las ciencias como refinamiento del saber de sentido común, lo propio de la ciencia contemporánea no es partir del sentido común, sino romper con él, trastocarlo. Punto de vista que también es presentado por G Bachelard, al anotar que “epistemológicamente y en su desarrollo, las ciencias contemporáneas pueden ser caracterizadas como dominios del pensamiento que rompen abiertamente con el conocimiento vulgar” (1973, p. 99).

Presupuesto epistemológico que este autor concreta al afirmar que “el espíritu científico contemporáneo no podía situarse a continuación del simple buen sentido; ese nuevo espíritu científico representa un juego más arriesgado; formula tesis que en primera aproximación pueden herir el sentido común” (Bachelard, 1976, p.155). Desde su punto de vista, el conocimiento común, al contrario al conocimiento científico, en su afán de evitar incertidumbres, siempre tiene respuestas fáciles, soluciones inmediatas, respuestas para todo.

Al considerar la segunda dirección, Moscovici (1985, 1994) alude a por qué construimos las representaciones sociales y al respecto dice que en ello subyace el principio básico de *transformar lo no familiar en familiar*. De acuerdo con este

principio toda la dinámica de las relaciones es una *dinámica de familiarización* que permite percibir y comprender los eventos, los objetos y los individuos en relación con paradigmas previos, de tal forma que se ponen en relación los universos reificados y consensuados, al incorporar a estos últimos los nuevos descubrimientos, las invenciones tecnológicas, y las producciones de los ámbitos políticos y económicos, entre otros.

No obstante, aunque el principio de familiarización es un principio importante en relación con la construcción de las representaciones sociales, es pertinente aclarar que más allá de la visión simplista y reduccionista que las presenta como *reciclaje del saber científico*, conviene reconocer que a estas representaciones les son inherentes complejos procesos de emergencia, formación y estructuración.

De acuerdo con Ibáñez (1988), la teoría de las representaciones sociales propuesta por Moscovici (1961), enmarcada en la línea del pensamiento psicosocial, considera que esta forma de conocimiento se constituye a partir de tres fuentes: la primera, un *fondo cultural* acumulado en la sociedad, que circula en forma de creencias y valores compartidos que conforman la memoria colectiva o mentalidad de una época.

Una segunda fuente, está relacionada con los *propios mecanismos internos de formación de las representaciones sociales*, es decir, la *objetivación* y el *anclaje*; mecanismos que están relacionados con la doble naturaleza de las representaciones sociales: *conceptual* y *figurativa*, sobre los que más adelante hacemos algunas precisiones.

Y una tercera fuente que alude a las diversas *modalidades de comunicación social*, de donde se deriva el papel trascendental que cumplen los medios masivos de comunicación, entre los que están las revistas de divulgación científica; así como, otras formas de comunicación interpersonal, entre las que sobresalen las conversaciones, esos *lugares* donde, por excelencia, se construyen literalmente las representaciones sociales (Ibáñez, 1988).

Respecto a la segunda fuente, de acuerdo con Moscovici (1984), los mecanismos internos de formación de estas representaciones articulan dos fases o dos procedimientos formadores; de un lado, *la objetivación* o proceso referido a la función

de dar materialidad a un objeto abstracto⁶⁰ y de otro, *el anclaje* o proceso de la integración cognitiva de un objeto a un sistema de pensamiento social preexistente.

Profundizando en las explicaciones sobre la transformación cognitiva implicada en la formación de la representación, Moscovici y Hewstone (1986) nos dicen que dicha transformación conlleva dos tipos de procesos: los externos, referidos a que la ciencia se convierte en sentido común y, los internos, alusivos a la transformación dentro de las mismas representaciones.

Los procesos externos son: *la personificación* de conocimientos y fenómenos para darles una existencia concreta y tratarlos como realidad social perceptible –por ejemplo, para sustituir lo impersonal de términos y relaciones, se alude simplemente a: estructuras de Lewis, modelo de Thomson, ley de Boyle, fuerzas de Van der Waals–. *La figuración* como sustitución o superposición de imágenes a los conceptos, de tal manera que las nociones científicas definidas mediante ecuaciones y razonamientos operatorios se convierten en cuasi metáforas, diagramas o imágenes sensoriales que casi pueden ser vistas; ellas se imponen a las ideas abstractas y son traídas al campo del pensamiento figurativo.

El tercer proceso es *la ontización*, por medio del cual se confiere una existencia real a entidades como fuerza, átomo, onda, gen; se pasa a hacer corresponder las entidades con las palabras. Contrario al procedimiento científico, que desde la perspectiva de Bachelard evita lo que él denomina materialismo y substancialismo y busca la parsimonia y las simplificaciones propuestas por Ockham; el proceso de ontización, es decir, el paso para aumentar su ontología realista, propicia que cada noción se corresponda con un fenómeno y cada palabra con una cosa. El cambio más radical se manifiesta en el lenguaje, sustituyendo las proposiciones o significados precisos por significados metafóricos necesariamente vagos (Moscovici & Hewstone, 1986).

Los *procesos internos* son aquellos que implican que las representaciones tengan una *racionalidad* diferente a la que tienen los conocimientos en los círculos profesionales o científicos. Estos procesos hacen pensar las representaciones como

⁶⁰ El término *objetivación*, respeto a las representaciones sociales alude siempre al enriquecimiento de la ontología que remite a cosas, seres o entidades existentes en el mundo –diferentes a las entidades científicas, como lo números, los átomos, los genes–. En Duval (2004 a) el término alude a la naturaleza de los sistemas semióticos.

teorías y por lo tanto deben mostrar como suceden las cosas; deben describir, clasificar y explicar; incluyen las teorías implícitas. En este ámbito de consideraciones, para los investigadores arriba nombrados, es importante recordar que mientras la ciencia señala la incertidumbre de los conceptos, los individuos tienden a sobrestimar la certeza y la consistencia de aquella.

Retornamos a los procesos internos de formación, la *objetivación* y el *anclaje*, y con ellos a las consideraciones sobre la doble naturaleza de las representaciones sociales. Al respecto, Jodelet (1986) alude a que las representaciones sociales tienen una estructura no disociable que integra *figura/sentido*; estructura en la que confluyen, de un lado, un *aspecto figurativo* o de imagen y, de otro, un *carácter significativo* que no sólo le permite restituir de modo simbólico algo ausente sino también sustituir lo presente, de tal manera que la representación no es un reflejo del mundo exterior; ella también requiere un proceso de creación individual o colectiva. Así, estructura y formación están estrechamente relacionados.

Sobre la objetivación como proceso de formación de representaciones sociales, Jodelet (citada en Ibáñez 1988) hace alusión a que dicho proceso involucra tres fases; la primera, es la *construcción selectiva* que da cuenta de la manera como los grupos y los individuos se apropian, de forma específica, de las informaciones y saberes sobre un determinado objeto. Es “selectiva” en cuanto retiene unos elementos y rechaza otros, de tal manera que los elementos retenidos sufren luego un proceso de transformación para que puedan “encajar” en las estructuras del pensamiento del sujeto. Proceso semejante a la “asimilación” de Piaget.

La segunda fase es la *Esquematización estructurante*, que se constituye en la organización que proporciona una imagen coherente y fácilmente expresable del objeto representado para dar lugar al *esquema figurativo*. La tercera, la *naturalización*, es la fase en la cual el esquema figurativo adquiere estatus ontológico para situarse como un componente más de la realidad; con carácter artificial y simbólico, pero con plena existencia fáctica, lo que le hace pasar por *realidad objetiva*. Todo este proceso de *ontización* lleva, en términos de Ibáñez, a dar un estatus de existencia real a los objetos mentales y sobre el cual, el mismo Moscovici (1984) afirma que por una especie de imperativo lógico, las imágenes se tornan elementos de la realidad, más que elementos del pensamiento.

En relación con el proceso de *anclaje*, podemos decir que es un proceso cuya función es la de integrar la información sobre un objeto a un sistema de pensamiento ya construido, de tal manera que permite afrontar innovaciones, tomar contacto con lo no familiar y en último término, interpretar y dar sentido a los nuevos objetos. De acuerdo con Ibáñez (1988), la integración cognitiva de las innovaciones está condicionada, tanto por los esquemas de pensamiento ya constituidos, como por la posición social de las personas y de los grupos; es decir, el anclaje puede expresarse como el enraizamiento social de las representaciones.

Para Moscovici (1984), anclar es clasificar y denominar; debido a que las cosas que no son clasificadas y denominadas son extrañas, no existentes o son amenazadoras. La clasificación alude a la operación por la cual se establece que un objeto se incluye o no en una determinada categoría, de acuerdo con una escogencia de uno de los paradigmas o prototipos de la memoria en el cual se comparan las características, mediante un proceso regido por una *lógica natural*.

Sobre la *denominación* Moscovici dice que al denominar alguna cosa, la sacamos de un anonimato perturbador para dotarla de una genealogía e incluirla en un complejo de palabras específicas, que nos permita localizarla en la matriz de identidad de nuestra cultura. Desde la perspectiva de este autor, denominar una persona o cosa es precipitarla –como una solución química es precipitada– y las consecuencias de ello son tres: a) una vez denominada, la persona o cosa puede ser descrita y adquiere ciertas características o tendencias; b) ella se torna distinta de otras personas o cosas a través de esas características o tendencias y c) se convierte en un objeto de conversación entre aquellos que la adoptan y comparten.

Con base en la relación de articulación dialéctica que existe entre los procesos de objetivación y anclaje, Jodelet (1986) enuncia las funciones básicas de las representaciones sociales; la primera, es la función cognitiva de integración de la novedad, referida a la forma cómo se confiere significado al objeto representado; la segunda es la de interpretación de la realidad, para comprender cómo la representación es utilizada como un sistema de interpretación del mundo social y, la tercera, es de orientación de las conductas y las relaciones sociales, para comprender cómo se da su integración en el sistema de recepción y cómo influyen y son influenciados por los elementos que allí se encuentran.

De acuerdo con lo expuesto, la construcción de representaciones sociales aunque es un proceso que puede estar relacionado con las dificultades inherentes a la abstracción y, por lo tanto, con los requisitos de comprensión de conceptos científicos, no por ello es un proceso simple y asociado sólo a la necesidad de hacer familiar lo invisible o lo extraño, es un proceso que requiere de condiciones de emergencia y posibilidades de estructuración de un alto nivel de complejidad.

En este orden de razonamientos, conviene recordar que de acuerdo con Serge Moscovici (1984), son condiciones de emergencia de las representaciones; *la dispersión de la información, la focalización y la presión a la inferencia*. La primera, está relacionada con la imposibilidad de tener acceso a las informaciones necesarias, favoreciendo la transmisión indirecta y, por tanto, la configuración de distorsiones respecto al objeto de representación; la segunda, determinada por los intereses particulares de un grupo con respecto a un objeto, impide que se tenga una visión general o global mismo y, la tercera, se refiere a la necesidad que sienten las personas de tener actuaciones, discursos y toma de posición en relación con un objeto dado, aunque no lo conozca bien, lo cual favorece la adhesión de los individuos a opiniones determinantes en el grupo.

De acuerdo con Moliner (1996) las tres condiciones anteriores explicitadas por Moscovici, son necesarias pero no suficientes para determinar cuándo efectivamente se está frente a un fenómeno representacional. En relación con ello enuncia asuntos que deben ser considerados y analizados para aludir a las condiciones de emergencia de las representaciones sociales; estos son: *la noción de objeto, la noción de grupo, la noción de modelo, la noción de dinámica social y la noción la ortodoxia*.

En relación con la *noción de objeto*, el autor hace claridad al recordar que no hay representación sin objeto; sin embargo, aclara, existen objetos sin representaciones. En todos los estudios de las representaciones sociales que fueron analizadas por el autor, encuentra que se caracterizan porque sus objetos son polimorfos y se constituyen en modelos para diversos grupos sociales, siendo el polimorfismo una propiedad del objeto. El valor de modelo es una propiedad que implica una correspondencia con la inserción social.

La *noción de grupo* implica, según este investigador, por un lado, que cada representación está relacionada con la existencia de un grupo social cuyos miembros comparten intereses utilitarios; así mismo, requiere considerar la integración del grupo en relación con el objeto representado. Estas relaciones dan lugar a dos configuraciones: *la configuración estructural*, de la cual se habla cuando el objeto de representación ha estado ligado al surgimiento o génesis del grupo y *La configuración coyuntural*, que se presenta cuando los grupos ya conformados se enfrentan a objetos extraños.

En cuanto a la noción de modelo, Moliner (1996) habla de dos tipos: primero, *el modelo de identidad*, relacionado con la forma como se define la identidad psicosocial de cada persona en función de las representaciones de su grupo, debido a que éstas son mediadoras en las relaciones de los individuos con el medio social. Segundo, *el modelo de cohesión social*, que sólo está presente en la conformación coyuntural del grupo, es decir, cuando éste ya existe. De acuerdo con Moliner, al reconocer en la representación su valor de modelo, ésta se reviste de un carácter especial, aproximado a un *valor de uso*, es decir, que la representación tiene un valor *arbitrario* en relación con la inserción del objeto en una dinámica social.

En el análisis de Moliner (1996), como quinto elemento importante en relación con las condiciones de emergencia de las representaciones sociales, está el concepto de *ortodoxia*. Un sistema en el cual las conductas y pensamiento de las personas son estrictamente reguladas por el grupo, es decir, un grupo con posturas ortodoxas, presenta un obstáculo para la emergencia de una representación social. Lo que permite pensar que este elemento debe ser tenido en cuenta en la enseñanza, en la búsqueda de evitar la formación o el refuerzo de representaciones sociales, sin caer en situaciones *dogmáticas*.

Retomando estos referentes teóricos, en relación con nuestro objeto de estudio, vale entonces preguntarnos si en la estructura de la *ecología representacional* se hallan algunas *representaciones sociales* y cuál es la dinámica inherente a su presencia en dicha ecología; es decir, cuál es su papel en relación con los procesos de enculturación o apropiación de los modelos explicativos de la Química y de otros saberes y conocimientos que son objeto de aprendizaje para el grupo, caso de estudio.

Aunque nuestro trabajo no pretende profundizar en las representaciones sociales, nos interesa señalar algunos peligros que entrañan para el aprendizaje, ciertas simplificaciones u otras transformaciones inadecuadas de las representaciones científicas, transformaciones que podrían estar relacionadas con condiciones de posibilidad para que las representaciones sociales estén presentes en la *ecología representacional*.

2.5.2 Las representaciones sociales y los procesos de construcción didáctica

Con la convicción de que las representaciones sociales como conocimientos cuya construcción y estructuración son altamente complejas y que hablar de su presencia en una ecología requiere un estudio profundo para evitar confusiones y trivializaciones, nos atrevemos en este apartado a señalar los posibles peligros que entrañan procesos didácticos en los cuales se da prioridad a las simplificaciones inadecuadas, bajo la pretensión de acercar el conocimiento científico a los aprendices. Relacionamos aquí estos riesgos con la posible formación o consolidación de representaciones sociales.

Retomando los anteriores análisis, recordamos con Ibáñez (1988) los planteamientos de Moscovici respecto a las relaciones que se establecen entre los universos reificados y consensuados, para ilustrar cómo los saberes científicos se convierten en saberes de sentido común gracias a la dinámica integradora de las representaciones sociales, en la se distinguen dos etapas.

Dicha dinámica involucra; de un lado, el paso de la teoría científica a su representación figurativa o imagen y, de otro, el paso de la imagen a la realidad. El primer paso comienza con la descontextualización o extracción selectiva de algunos elementos de la teoría, es decir, se inicia un proceso de *empobrecimiento* de la teoría; lo que se hace evidente, por ejemplo, en los textos de popularización de las ciencias, artículos de prensa, programas de radio o televisión, y en las conversaciones informales.

De acuerdo con Ibáñez tanto en las conversaciones cotidianas como en algunas conferencias científicas, los expositores intentan hacer comprender mejor lo que quieren

decir recurriendo a imágenes que *hacen ver* lo que se pretende describir; de modo que mediante un proceso de objetivación, una proyección reificante, se nos hace materializar en imágenes concretas lo que es puramente conceptual. “Por medio de este proceso, el pensamiento social tiende a traducir los conceptos en perceptos, transformando lo que es abstracto en elementos concretos” (1988, p. 48).

Al respecto, Moscovici y Hewstone (1986) nos dicen que los objetos invisibles por definición – onda, átomo, libido –, se hacen visibles a través de modelos, imágenes u otros medios. Es el caso, por ejemplo, de científicos que para presentar su teoría o sus experimentos en una conferencia o para popularizarlos, sustituye los términos especializados por expresiones del lenguaje corriente; reemplaza las imágenes abstractas por imágenes vivas, incorpora sus informaciones en imágenes accesibles para su auditorio recurriendo a dibujos, diapositivas o películas, es decir, debe cambiar de registro; de tal manera que los conocimientos científicos son trasladados al orden de las realidades tangibles; lo extraño o desconocido se torna familiar.

Es posible decir que la formación y estructuración de las representaciones sociales, específicamente el proceso de objetivación, trasciende lo que en estudios de las relaciones semióticas externas se explica como un cambio de registro; en este caso, la transformación implica cambio en el objeto de la representación. Las ecuaciones, los términos científicos, los gráficos, entre otros, que hacen alusión a entidades abstractas, se transforman en representaciones que aluden a cosas, a entidades del mundo familiar, a objetos perceptibles.

Al respecto consideramos pertinente preguntar si, por ejemplo, en los libros de texto de Química, los cambios de registros, con los cuales se pretende explicar un concepto o un principio, por medio por ejemplo de: íconos, metáforas o analogías, pueden ser fuentes de procesos de *ontización* que den vía a la formación de representaciones sociales, obstaculizando el aprendizaje de explicaciones científicas.

En relación con lo anterior y a manera de ilustración de los procesos relacionados con las transformaciones de conocimiento, teniendo como base del análisis la Teoría de las representaciones sociales, se retoma aquí una descripción que hace Villaveces

(1987) con respecto al modelo atómico de Niels Böhr⁶¹. Esta ilustración muestra de manera interesante el señalamiento que hacen Moscovici y Hewstone respecto a que los científicos en actividades de divulgación o socialización, algunas veces reemplazan las imágenes abstractas por imágenes *vivas*.

Como sabemos, el modelo atómico de Böhr⁶² tiene el gran valor de estar construido con base en postulados coherentes con las leyes de la mecánica y el electromagnetismo clásicos y se precia de una elevada precisión numérica; y, tiene además un modelo que lo hace fácil de visualizar y aceptar, el modelo planetario. Sin embargo, como lo señala Villaveces “el minúsculo sistema planetario es una imagen simple, un metafenómeno para imaginar, que no requiere mayor esfuerzo intelectual” y que, por lo tanto, “rápidamente llena la prensa, la literatura barata, los libros de textos escolares y se instala en la imaginación de millares de personas” (1987, p.68).

En concordancia con lo que dice Bachelard (1976), son los mismos científicos quienes, algunas veces, para hacerse comprender proponen representaciones que permiten la substancialización o materialización o, como diría Moscovici, posibilitan la génesis de las representaciones sociales.

En este orden de razonamientos, en el análisis de los procesos que implican la formación de las representaciones sociales, sobre todo lo relacionado con el proceso de *objetivación*, consideramos interesante retomar los análisis de Bachelard (1982) respecto a lo que él denomina *obstáculos epistemológicos*⁶³ o situaciones que impiden la construcción de conocimiento en las disciplinas científicas contemporáneas. Se refiere Bachelard a aquellas condiciones que impiden la abstracción, que no permiten romper con el empirismo y que, por lo tanto, impiden dar el salto a la actual cultura científica, al campo de las reificaciones, al mundo de lo real científico.

⁶¹ A propósito del centenario del natalicio de Niels Böhr, en 1987 la Universidad del Valle en cooperación con entidades como el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES) y la UNESCO, entre otras, realiza un seminario con destacados científicos y estudiosos colombianos, con el fin de discutir y revisar, en el ámbito científico y pedagógico, algunos de los principales aportes de este importante científico.

⁶² Es importante recordar que a diferencia del profano, el científico aprender a interpretar las analogías y las metáforas, propias de su disciplina.

⁶³ Conviene aclarar que de acuerdo con Bachelard, los obstáculos epistemológicos aluden a situaciones que no permiten el avance del conocimiento científico hacia la abstracción. Podría decirse que en el caso de los científicos que explican sus teorías científicas cambiando de registro para facilitar su comprensión, se trata de obstáculos pedagógicos o didácticos.

En sus análisis epistemológicos este filósofo muestra cómo, algunos científicos se quedan en lo observable, en lo tangible, en lo experiencial y material, en todo lo que es propio del conocimiento común. Para Bachelard son obstáculos, entre otros: el substancialismo, el animismo, la observación y experiencia primera, las analogías y metáforas mal construidas; obstáculos epistemológicos que también se pueden configurar en obstáculos pedagógicos que impiden la comprensión de los modelos científicos.

Los aportes de Bachelard nos hacen un llamado a analizar la posible presencia en la *ecología representacional*, de algunas representaciones de carácter substancialista, animista, o libidinal, entre otras, con las cuales se pretende representar con registros más simples, los conceptos y los modelos científicos. Sin embargo, vale la pena recordar que la perspectiva de Bachelard privilegia las representaciones matemáticas formales en detrimento de otro tipo de representaciones y, por lo tanto, es necesario determinar con sumo cuidado las relaciones entre las representaciones y las explicaciones a las cuales ellas se refieren, para identificar, en lo posible, cuando se ha cambiado de *objeto* de representación al usar una determinada forma representacional. Recordamos que también es importante privilegiar la pluralidad representacional y evitar el encasillamiento.

En síntesis, postulamos la posible presencia de representaciones sociales en la *ecología representacional* que nos proponemos construir con base en los análisis inherentes a esta investigación, postulado que relacionamos con el presupuesto que mediadores como los libros de texto pueden estar a la base de procesos didácticos en los que se propicien condiciones y factores como la ontización, que pueden estar relacionados con la formación y permanencia de representaciones sociales.

En tal sentido, siguiendo la perspectiva propuesta por Kelly y Green (1998) consideramos promisorio la investigación que se ocupa de comprender qué ocurre cuándo un mediador del aprendizaje provee a los estudiantes de oportunidades para construir conocimiento y apropiarse de la ecología de la disciplina.

En este sentido, este trabajo se dirige a hacer a una lectura de la dinámica de una ecología representacional, lo que incluye indagar por los niveles de apropiación de los modelos disciplinares que han tenido estudiantes que ya han pasado por procesos en los

cuales, mediante actividades como lectura de textos, prácticas de laboratorios, resolución de ejercicios y problemas, entre otros, se les propicia la construcción de, para ellos, nuevos conocimientos; procesos que requieren de interacción con sus pares y mediadores. Desde este punto de vista, el aprendizaje es un proceso cultural, y no sólo psicológico e individual, en el cual la racionalidad tiene un papel fundamental.

En la perspectiva que nos guía, el aprendizaje es la apropiación de un legado cultural y ello implica que aprender a *pensar bien* o aprender a *razonar*, es aprender a expresar esos razonamientos de tal manera que puedan ser comprendidos y evaluados por los interlocutores. Por lo tanto, valoramos los procesos argumentativos como expresión de nuestra racionalidad y, aunque en este trabajo no se hará un estudio sobre el impacto o influencia de unas determinadas estrategias didácticas, esperamos comprender algunas dinámicas del aprendizaje en relación con la *argumentación*. Para ello elegimos, como *caso de estudio*, el *curso* Seminario de lógica de las Ciencias, un espacio de trabajo cuyas reflexiones y discusiones se centran en la propuesta toulminiana de argumentación sustantiva.

Consideramos que este Seminario es un espacio que complementa los aportes de otras asignaturas a los proceso de enculturación en los que participan los estudiantes que se forman como profesores. Al respecto, el eje central de las discusiones en dicho espacio, es la perspectiva que se deslinda de la lógica formal y, en especial, el modelo argumental propuesto por el filósofo Stephen Toulmin – MAT–. Es de anotar que en relación con la investigación que nos ocupa, este modelo también se utiliza como herramienta para la toma de datos respecto la ecología intelectual de grupo en cuestión, en tanto consideramos que la argumentación es la manifestación externa que se tomará como indicadora de la racionalidad de los sujetos.

Por la inherente relación del Modelo argumental de Toulmin con el concepto de racionalidad que aquí hemos adoptado, porque consideramos que incluir la argumentación como uno de los objetivos de la clase permite no sólo enseñar a razonar, sino que en este caso como ya lo anotamos, permite conocer algunas de las complejas relaciones que se tejen en el aula y la contribución de estas prácticas discursivas en el aprendizaje, este modelo nos servirá de rejilla para la lectura de algunos datos y para su análisis.

En este orden de planteamientos, antes de adentrarnos en las indagaciones inherentes a la *ecología representacional* en cuestión, presentamos la propuesta toulminiana de argumentación sustantiva y sus relaciones con la línea de investigación que se nutre sus presupuestos básicos; la línea de aprendizaje como argumentación.

CAPITULO III

3 **EDUCACIÓN EN CIENCIAS Y ARGUMENTACIÓN: LA PERSPECTIVA DE STEPHEN TOULMIN COMO POSIBLE RESPUESTA A LAS DEMANDAS Y DESAFÍOS CONTEMPORÁNEOS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES**

El razonamiento involucra el manejo de aserciones atendiendo simultáneamente los contextos, las aserciones que compiten con la(s) nuestra(s), y las personas que las sostienen. El razonamiento llama a la evaluación crítica de estas ideas mediante la aplicación de normas compartidas, llama a la disposición de modificar las aserciones en respuesta a la crítica; y llama a un continuo escrutinio crítico tanto de las aserciones aceptadas provisionalmente como de las nuevas que pueden aparecer subsecuentemente. Un juicio “razonado” es, por lo tanto, un juicio en defensa de las razones adecuadas y apropiadas que pueden ser producidas. La propiedad y adecuación de esas razones también depende de la situación: lo que para un grupo es aceptable como razonamiento o argumento puede no serlo para otro

Toulmin, Rieke y Janik, 1979

3.1 **La educación en ciencias: propósitos y perspectivas**

La Educación en Ciencias o Didáctica de las Ciencias Experimentales, desde hace aproximadamente tres décadas, se perfila como un saber que busca comprender los procesos de enseñanza y aprendizaje, así como fundamentar su innovación y cualificación; para ello se apoya en los conocimientos que devienen de las ciencias cognitivas, la historia y la epistemología de las ciencias, los estudios antropológicos sobre la construcción de conocimiento científico, las investigaciones del campo de la lingüística y el conocimiento práctico de los profesores, entre otras fuentes.

La innovación y cualificación a las que nos referimos, se corresponden con la posibilidad de construir propuestas educativas y formativas con las cuales sea posible la construcción de ciudadanía, teniendo en cuenta las demandas y retos inherentes a un mundo inmerso en avances científicos y tecnológicos, desarrollos coexistentes con profundas inequidades, con procesos de destrucción de la naturaleza y, podemos decir, con una tendencia a la deshumanización. A esta red de relaciones aludimos en la figura 3.1

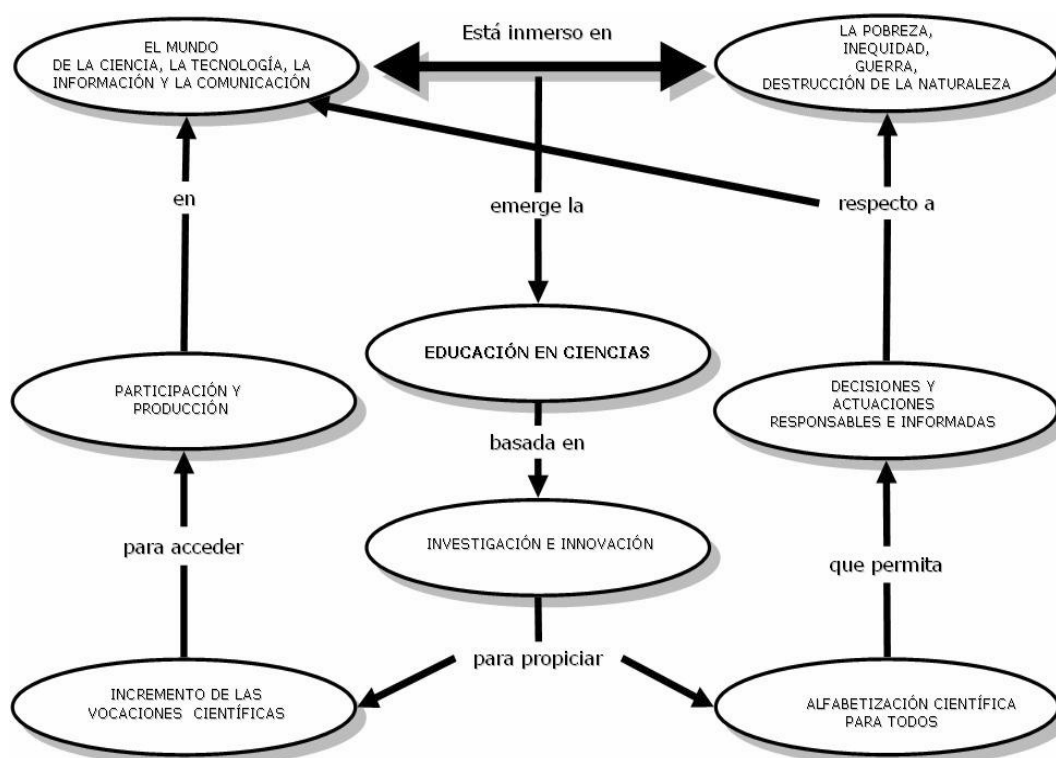


Figura 3.1 Pertinencia y propósitos de la Educación en Ciencias

Es posible decir que al consenso generalizado y actual, en relación con los propósitos de la investigación en Educación en Ciencias, le son subyacentes posturas epistemológicas explícitas en las que *grosso modo*, pueden ser identificados los siguientes aspectos: el primero, una toma de distancia respecto a visiones empiristas,

para admitir el carácter eminentemente representacional, es decir, simbólico y cultural del conocimiento; el segundo, contra posturas racionalistas, hace alusión a que nuestras formas de razonamiento no adhieren necesariamente a los cánones de la lógica formal;⁶⁴ el tercero, intrínsecamente ligado con los anteriores, tiene que ver con la importancia que se da a los lenguajes y, especialmente, de la argumentación⁶⁵ en la construcción, justificación y valoración del conocimiento.

Desde el punto de vista de autores como Adúriz-Bravo (2005); Izquierdo y Adúriz-Bravo (2003), estas posturas epistemológicas pueden inscribirse en un nivel de moderadas, en tanto, configuran una imagen de las ciencias que permite destacar sus aspectos sociales y humanos, sin perder de vista los cánones que las rigen, sus logros y sus limitaciones. La figura 3.2 sugiere los aspectos e implicaciones de la postura epistemológica moderada.

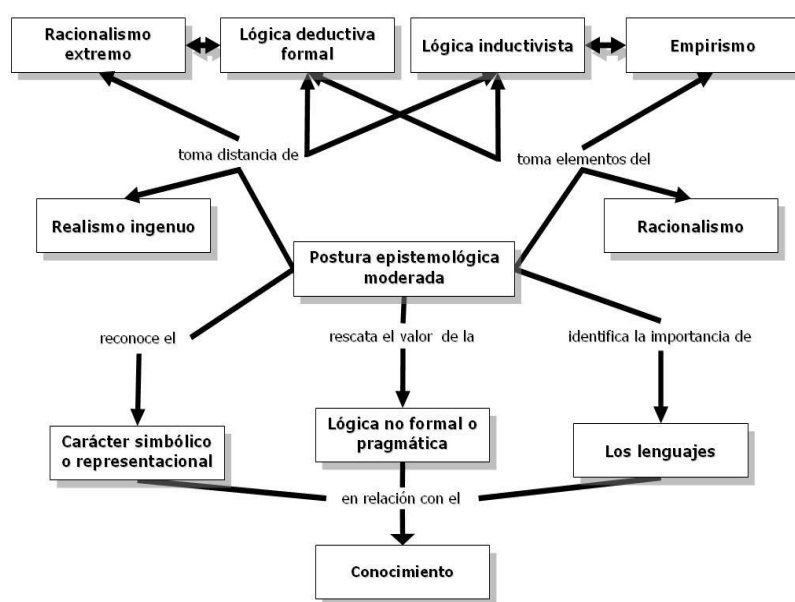


Figura 3.2 Implicaciones de una postura epistemológica moderada

⁶⁴ En este presupuesto coinciden las ciencias cognitivas, por ejemplo, los estudios de Johnson-Laird (1993a, 1993b) y estudios de la filosofía de las ciencias como los de Toulmin (1977, 1999, 2003).

⁶⁵ Estudios antropológicos, como los de Latour & Woolgar (1995) y Knorr-Cetina, K. (1995), reivindican el valor de la competencia comunicativa; es decir, de la lectura, de la escritura y, específicamente, de la argumentación como procesos inherentes a la construcción y justificación del conocimiento científico.

En relación con lo anterior, desde finales de la década del noventa y en lo que ha trascurrido de este siglo, es posible identificar en la didáctica de las ciencias importantes trabajos que confluyen en una vertiente de investigación caracterizada por dar un reconocimiento especial al papel del lenguaje en la construcción de explicaciones científicas y del conocimiento en general.

Coherentes con este reconocimiento, dichos trabajos comparten, como hipótesis y presupuesto básico, que la argumentación es una importante tarea de orden epistémico y un proceso discursivo por excelencia en las ciencias y que propiciar la argumentación en la clase permite involucrar a los y las estudiantes en estrategias heurísticas para aprender a razonar, al tiempo que sus argumentos, como externalización del razonamiento, permiten la evaluación y el mejoramiento permanente de los mismos. Al respecto, ver la síntesis que presentamos en la figura 3.3⁶⁶

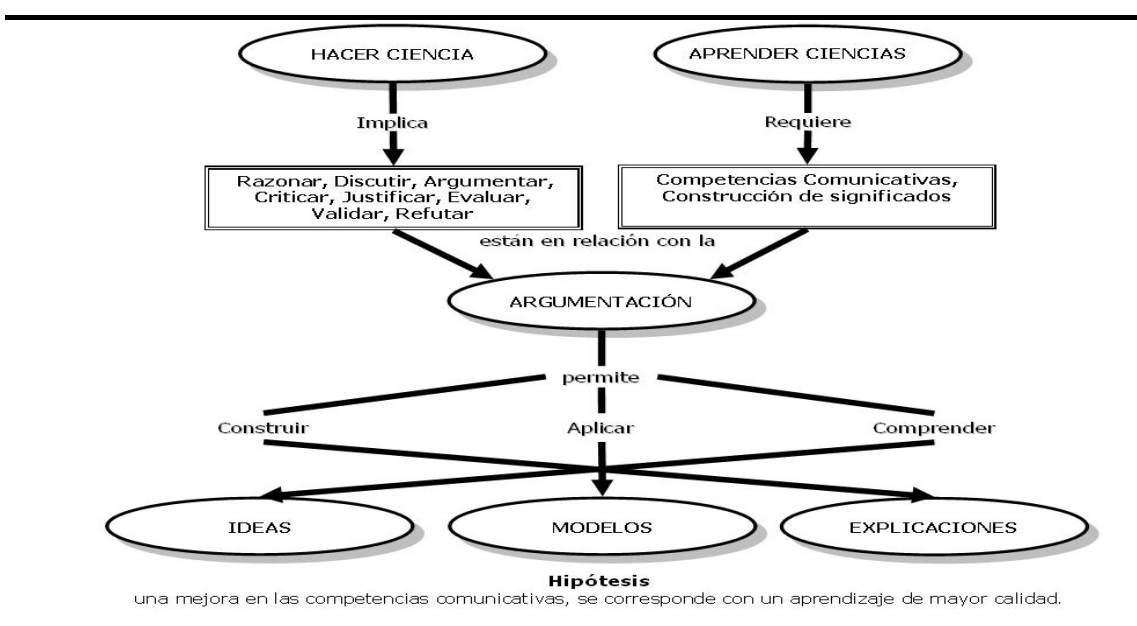


Figura 3.3 La argumentación como competencia básica en la construcción de conocimientos

En consecuencia, la argumentación cobra especial relevancia, puesto que de un lado, hacer ciencia implica discutir, razonar, argumentar, criticar y justificar ideas y explicaciones; y de otro, enseñar y aprender ciencias requiere de estrategias basadas en

⁶⁶ Para ampliar esta información, ver, por ejemplo: Bugallo y Duschl(2000); Driver, Newton yOsborne (2000); Duschl, Ellenbogen y Erduran (1999); Jiménez-Aleixandre (2005); Justi (2006); Kelly y Takao (2002); Osborne, Erduran y Simon (2004).

el lenguaje, es decir, el aprendizaje es un proceso social en el cual las actividades discursivas son esenciales. Reconocemos aquí una estrecha relación entre las competencias comunicativas y el aprendizaje de los modelos científicos, y arriesgamos la hipótesis de que a una mejora en dichas competencias le corresponde un aprendizaje de mayor calidad; y que aprender a pensar es aprender a argumentar. Esta es la propuesta que presentamos en la figura 3.3

De acuerdo con Jiménez-Aleixandre y Díaz (2003), la perspectiva de investigación del aprendizaje como argumentación complementa los estudios y los aportes logrados por una de las líneas de mayor envergadura y tradición en Educación en Ciencias, la que centra sus estudios en la comprensión de las relaciones entre las llamadas ideas, conocimientos o representaciones alternativas y el uso de estrategias de enseñanza y aprendizaje; así mismo, es posible hallar conexiones con la línea de investigación del aprendizaje como cambio conceptual. Del primer caso, dan cuenta los diversos trabajos de Rosalind Driver, Jonathan Osborne y Richard Duschl, entre otros; del segundo dan cuenta los trabajos realizados por Gregory J. Kelly y su grupo, quienes trabajan en la perspectiva sociológica del cambio conceptual.⁶⁷ Así mismo, se hallan fuertes relaciones entre estos estudios y los que plantean la enseñanza con base en la elaboración de modelos, Justi, (2006) y la enseñanza como desarrollo del pensamiento superior (Zohar, (2006).

En la tarea de comprender los procesos de aprendizaje en el aula y de dar fundamento teórico y metodológico a la investigación y a la innovación en la educación en ciencias –manteniendo como ideales de la educación: la formación para la ciudadanía y la democracia, y el incremento en la vocación e interés por los estudios científicos – esta corriente de investigadores, que han centrado sus indagaciones en el carácter sociocultural del aprendizaje, basan sus procesos de investigación en metodologías de tipo interpretativo, con privilegio de los estudios de caso que se realizan en el aula de clase y no en condiciones de *laboratorio*, sin abandonar las estrategias de tipo cuantitativo, cuando así se requiere.⁶⁸

⁶⁷ Perspectiva que enfrenta la vieja controversia planteada a Posner y colaboradores, quienes, desde el enfoque del aprendizaje como cambio conceptual, eluden los asuntos sociológicos porque, según ellos, son aspectos relacionados con aquello de lo cual el aprendizaje *depende* y no con lo que *éste es*.

⁶⁸ Ver por ejemplo, Eirexas, Agraso, Jiménez y Día (2005); Erduran, Simon y Osborne (2004); Jiménez y Díaz (2003); Kelly y Takao (2002).

Respecto al devenir de esta perspectiva, denominada por algunos autores “aprendizaje como argumentación”, es posible decir que tiene como pionera, en el campo de la Educación en Ciencias, a Deanna Kuhn (1992 y 1993), quien de algún modo da continuidad a los estudios de los procesos discursivos en el aula de clase, en los cuales se busca la comprensión del aprendizaje a través del análisis de los sistemas de comunicación o del discurso en el aula (por ejemplo, Cazden, 1991; Hennessey, 1991 y Sutton 1992, 1997). Como fuentes, entre otras, encontramos las enunciadas por Kelly y Green (1998): las teorías interpretativas sobre la construcción de conocimiento, las teorías antropológicas de la cultura, los estudios de interacción sociolingüística del lenguaje en uso y algunas teorías epistemológicas.

En lo que tiene que ver con las fuentes, es importante reconocer en estos trabajos la presencia explícita o implícita de las propuestas de Lev Vigotsky, un referente ineludible al hablar de las relaciones entre cultura, conocimiento y lenguaje. Así mismo, retoman estudios como los de Latour y Woolgar (1995) y Knorr-Cetina (1995), quienes, con base en sus investigaciones etnográficas en el ámbito de la antropología y la sociología de las ciencias, develan que uno de los principales fines de la investigación científica es la generación y justificación de enunciados. Desde su punto de vista, los científicos no descubren hechos, ellos pasan la mayor parte del tiempo codificando, marcando, corrigiendo, leyendo, escribiendo y discutiendo; es decir, deben persuadir a otros y, a la vez, ser persuadidos de aceptar como hechos los enunciados que construyen.

3.2 La propuesta epistemológica de Stephen Toulmin: racionalidad como concepto central

Acerca de las fuentes epistemológicas, podemos decir que son los trabajos de Stephen Toulmin los de mayor acogida por esta perspectiva de investigación. En concordancia con ello, es importante recordar que de acuerdo con la filosofía toulminiana, las ciencias constituyen culturas en permanente transformación: generación de preguntas y problemas, invención de explicaciones, establecimiento de

herramientas conceptuales y utilización de elementos tecnológicos; componentes, estos, cuyo carácter evolutivo implica entender la racionalidad como ligada a la flexibilidad intelectual o disponibilidad al cambio. Desde la perspectiva toulminiana, aprender ciencias es apropiarse del acervo cultural, compartir los significados y, al mismo tiempo, tener la capacidad de tomar posturas críticas y cambiar.

En su teoría evolutiva sobre las ciencias este filósofo señala que aunque nuestros pensamientos son de índole individual y personal, nuestra herencia lingüística y conceptual, por medio de la cual aquellos se expresan, es propiedad pública (Toulmin, 1977, 2006). Por otra parte, considera el devenir de las ciencias como un proceso plural y dinámico, con interacción de teorías explicativas, en el cual la argumentación se constituye en la expresión de una racionalidad contingente que permite dichos cambios (Toulmin, 2003, 2006).

En sus más importantes escritos –entre otros: *Los usos de la argumentación*, publicado en 1958; *La comprensión humana*, cuya versión en lengua inglesa es de 1972; y una de sus más recientes e importantes obras, *Regreso a la razón*, publicada en castellano en el año 2003– Toulmin da cuenta, en forma coherente y consistente, de una postura epistemológica moderada, en el sentido explicado en páginas anteriores y resumido en la figura 3.2; postura en la cual subyace como presupuesto fundamental el que está sintetizado en el epígrafe de este capítulo y de la cual resaltamos el llamado a tomar distancia de la lógica formal y de la búsqueda de validez universal, para indagar por los asuntos relacionados con lo relevante, pertinente o atinente al caso (Toulmin, 2003).

Dicho presupuesto muestra una visión dialógica, sustantiva y contextual en relación con el razonamiento y la argumentación. Éste es un enfoque que permite visualizar interacciones entre los aspectos sociológicos y los asuntos de orden individual, en relación con la construcción y negociación de significados, explicaciones y predicciones. La evaluación crítica de las ideas mediante la construcción y aplicación de normas compartidas y consensuadas implica el permanente escrutinio de aquellas afirmaciones, propias y las de los interlocutores, que han sido aceptadas provisionalmente (Toulmin, Rieke & Janik, 1979).

En relación con la construcción y evolución de las disciplinas científicas Toulmin, (1977), toma distancia tanto de las posturas subjetivistas y relativistas, como del absolutismo y del racionalismo a ultranza. Plantea que el contenido de una ciencia comprende un repertorio de procedimientos explicativos establecidos y una serie de variantes conceptuales más tentativas, cuyo cambio evolutivo está regido por un consenso general acerca de los criterios de selección de las variantes y de los ideales explicativos que iluminan estos procesos.

Desde la perspectiva toulminiana, la racionalidad debería estar más relacionada con una disposición a los cambios, con la apertura a nuevas propuestas y con la actitud de reconocer los problemas y defectos de procedimientos anteriores para superarlos y, en consecuencia, menos adherida a cuestiones relacionadas con estructuras formales rígidas, con maneras de ordenar conceptos y creencias. Esta perspectiva alude, tanto a la formación de intelectuales participantes en la construcción de las disciplinas, como a los aprendices que quizás no tengan la pretensión de ser científicos. El autor considera que el evento de demostrar que se han culturizado en los procedimientos comunales y se han hecho propios los valores intelectuales, implica la posibilidad de aplicar y utilizar conceptos críticamente y sugerir cambios importantes en los modelos explicativos de su respectiva disciplina.

La propuesta toulminiana para la educación en ciencias enfatiza que la calidad de los procesos de enseñanza de las ciencias debe estar dirigida, no tanto a la exactitud con que se manejan los conceptos específicos, sino a las actitudes críticas con las que los estudiantes aprenden a juzgar aun los conceptos expuestos por sus profesores (Toulmin, 1977). En este sentido, cobra especial relevancia enseñar actitudes críticas y propositivas, es decir, es fundamental la enseñanza explícita de procesos de razonamiento y argumentación.

En relación con lo anterior, más allá de un procedimiento heurístico y de una estrategia analítica, es posible ver en la propuesta toulminiana sobre la argumentación un proceso que permite la construcción social y la negociación de significados, en tanto, dinámica de diálogo en la cual, para sostener una aseveración, conclusión o punto de vista, debemos: exponer razones, recibir preguntas cruzadas sobre la fuerza y relevancia de esas razones, enfrentar objeciones y, quizá, modificar o matizar una aseveración o tesis inicial (Toulmin, Rieke & Janik, 1979). En este punto, es importante enfatizar que

la enseñanza y el aprendizaje como procesos de argumentación, trascienden la alusión al trabajo basado en esquemas y patrones de tipo algorítmico.

3.3 Implicaciones de la propuesta toulminiana en la educación en ciencias

Podemos decir que la epistemología toulminiana está vinculada a los tres conceptos centrales que son retomados en los estudios que reivindican el papel de la argumentación en el aprendizaje. El primero, tiene que ver con sus consideraciones sobre el *lenguaje*⁶⁹ como elemento estructural de los conceptos, entendido como propiedad comunal y no individual; el segundo, el carácter que le confiere a la *racionalidad* como contingente y no universal o trascendente y, el tercero, su postura frente al valor de la *argumentación* sustantiva, no formal.

Es así como, por ejemplo, Kelly y Green (1998) explícitamente consideran que en el ámbito de la enseñanza de las ciencias, la racionalidad puede ser interpretada como disposición de los miembros del grupo a examinar y modificar ideas de cara a las evidencias y a los argumentos; y que lo racional es afín con las formas en las cuales las normas y las prácticas culturales son construidas – en, y a través del lenguaje y otros sistemas semióticos– interpretadas y actuadas por los miembros de un grupo y avaladas públicamente en contextos desde los cuales es posible aceptar, criticar, modificar, revisar y refutar ideas y explicaciones.

Estas consideraciones son avaladas, además, por María Pilar Jiménez-Aleixandre y su grupo de la Universidad de Santiago de Compostela y colaboradores de la Universidad Autónoma de Barcelona; por el grupo de Gregory Kelly y sus colegas, y

⁶⁹ Toulmin (1964a) hace un llamado a reconocer que las ciencias tienen sus propios *lenguajes* y *recursos literarios* para representar sus teorías explicativas; de tal manera que un científico aprende *a hablar* y *a pensar* en términos de los modelos teóricos y puede hacer alusión a, por ejemplo, “superficie tridimensional”, “luz invisible” o “curvatura del espacio” expresiones y modelos que, por vívidos que parezcan, para el profano no resultan familiares ni inteligibles de inmediato y, por el contrario, se pueden convertir en autocontradicciones que llevan a la incompreensión, sino son debidamente relacionados con los fenómenos a los cuales sirven como explicación.

por Richard Duschl y colaboradores del King's College,⁷⁰ todos investigadores de gran trayectoria en este campo.

Estos presupuestos epistemológicos permiten tomar distancia de las visiones positivistas que conciben el aprendizaje como descubrimiento, para entender el aprendizaje como argumentación; lo cual implica considerar que el razonamiento y la argumentación son procesos que demandan el desarrollo de habilidades para, por ejemplo, relacionar datos con las conclusiones, evaluar enunciados teóricos a luz de datos empíricos o de datos procedentes de otras fuentes, modificar aseveraciones a partir de nuevos datos y usar los modelos y los conceptos científicos para soportar las conclusiones; es decir, son operaciones de orden epistémico que permiten construir, negociar, cambiar y compartir significados, representaciones y explicaciones (al respecto ver: Driver; Newton & Osborne, 2000; Jiménez-Aleixandre, Bugallo & Duschl, 2000; Jiménez-Aleixandre & Díaz, 2003; Zohar & Nemet, 2002; entre otros). La Educación en Ciencias, en este referencial, es lo que representamos en la figura 3.4

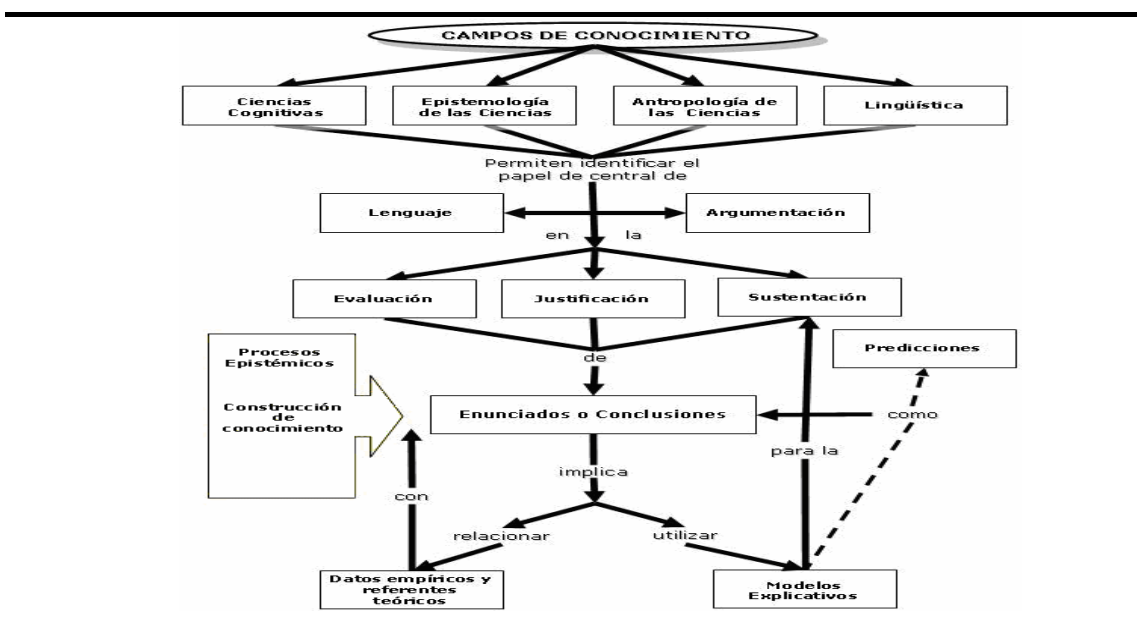


Figura 3.4 La argumentación como articulación de procesos sociológicos con los epistémicos del ámbito individual

⁷⁰ De estos grupos ver por ejemplo: Jiménez-Aleixandre, Bugallo y Duschl, 2000; Duschl y Osborne (2002); Driver, Newton y Osborne (2000); Erduran, Simon y Osborne (2004); Kelly, G., Chen, C. y Prothero, W. (2000); Kelly, G., Druker, S. y Chen, C. (1998); Kelly, G. y Takao, A. (2002).

En este sentido, es posible hablar de la construcción de conocimiento en el ámbito escolar, así como, de la concreción de un ideal de la educación en ciencias experimentales para propiciar la inmersión de los estudiantes en la cultura científica y, como lo propone Hodson (2003), enseñar a hacer ciencia y enseñar sobre las ciencias, esto es, enseñar, además de modelos explicativos, procesos y actitudes inherentes a la producción, justificación, divulgación y evaluación de conocimientos.

Llevar a las clases las propuestas de aprendizaje como argumentación implica que éstas se constituyan en comunidades de aprendizaje donde sea posible superar la enseñanza tradicional informativa y repetitiva y, en su lugar, se consoliden ambientes que propicien la realización de actividades que privilegien la participación de los y las estudiantes en procesos como: clasificaciones, comparaciones, apelación y uso de analogías y, especialmente, en la construcción, justificación y valoración de explicaciones, es decir, en procesos epistémicos. Pretensiones que de acuerdo con Newton, Driver & Osborne (1999) deben enfrentar y superar obstáculos – como la presión externa por la presencia de currículos prescriptos, los sistemas y políticas de evaluación que les son inherentes y, en algunos casos, las limitaciones en el repertorio de estrategias del profesor– para que dichas propuestas logren, finalmente, permear las aulas.

En relación con lo anterior, es posible identificar, en las investigaciones a las cuales hacemos referencia, un acuerdo generalizado respecto a la importancia de aprender a argumentar, al tiempo que se reconoce la necesidad de indagar cómo los estudiantes elaboran sus argumentos; al respecto son, entre otras, preguntas clave como punto de partida para enseñar a razonar y a argumentar: ¿qué cuenta para ellos como un dato, y qué como conclusión o explicación?, ¿qué tipo de justificaciones utilizan y en qué casos las utilizan?, ¿en cuáles situaciones utilizan modelos, conceptos, leyes o principios disciplinares para justificar sus conclusiones?, ¿qué procesos siguen para argumentar mientras resuelven problemas? y ¿qué niveles epistémicos es posible identificar en sus argumentos escritos? (ver: Custodio & Sanmartí, 2005; Kelly & Takao, 2002; Jiménez-Aleixandre & Díaz, 2003).

Dando un paso adelante, para hacer de la argumentación y el razonamiento un objeto de enseñanza y de aprendizaje, se explicita en varios trabajos el interés en proponer y evaluar estrategias de aula que mejoren los desempeños de los estudiantes en

su competencia argumentativa (ver, por ejemplo, Custodio & Sanmartí, 2005; Duschl & Osborne, 2002; Eirexas, Agraso, Jiménez-Aleixandre & Díaz, 2005; Erduran, Simon, & Osborne, 2004; Kelly & Takao, 2002; Osborne, Erduran & Simon, 2004).

Dichas investigaciones, además de explorar las diversas formas comunicativas que se dan en la clase de ciencias y los significados compartidos por los miembros de los grupos, de acuerdo con Justi (2006), se proponen el diseño y puesta en marcha de actividades y estrategias que permitan planificar la enseñanza para tratar de poner a los alumnos en disposición de comprender y usar el discurso y los modelos científicos, al tiempo que participan en procesos y actividades que les permitan manejar con sentido crítico situaciones relacionadas con las ciencias, como es representado en la figura 3.5

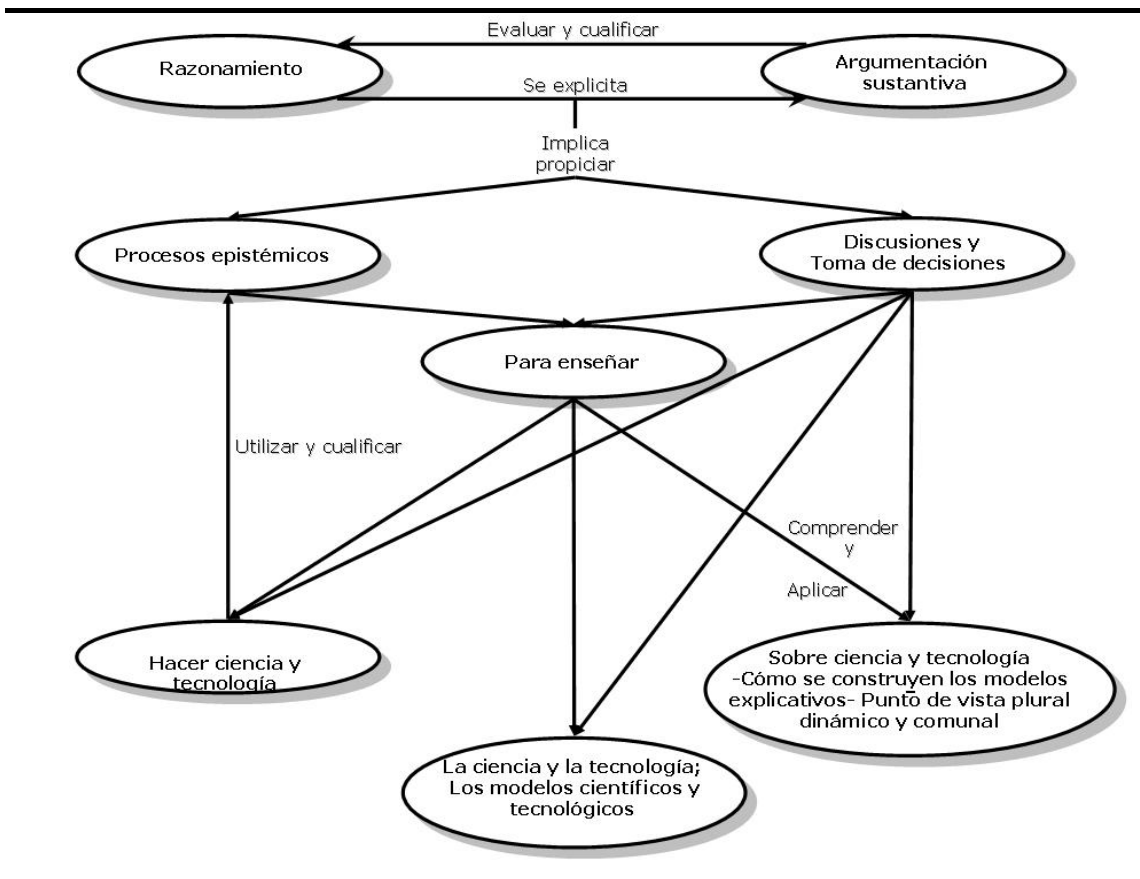


Figura 3.5 Los propósitos actuales de la educación en ciencias y su relación con la propuesta de enseñanza y aprendizaje, como procesos centrados en la argumentación sustantiva

En consecuencia, se trata de la posibilidad de hacer de las clases de ciencias el espacio para formar en la autonomía intelectual; es decir, el espacio para preguntar, discutir, criticar y disentir; el lugar en el cual los y las estudiantes expresen y argumenten sus propias ideas en forma adecuada y, en lo posible, que para ello hagan uso de los discursos y de los modelos explicativos de las disciplinas científicas. Aquí, se hace explícita la posibilidad de enseñar y aprender a razonar y a argumentar, tanto en el contexto de los debates públicos grupales o de los diálogos interpersonales, como en la elaboración de textos escritos que develen, por ejemplo, el uso apropiado de la literatura científica para sustentar aseveraciones de conocimiento y de valor.

Al respecto, como hemos venido diciendo, en varias de las investigaciones inscritas en esta perspectiva, se relaciona el aprendizaje con la solución y debate de problemas auténticos (Jiménez-Aleixandre, 2002; Jiménez-Aleixandre y otros, 2000), es decir, problemas interesantes y significativos para los y las estudiantes. Entre éstos, sobresalen los que tratan de asuntos sociocientíficos que implican conocimiento de frontera y que son de gran interés para el público en general –transgénesis, clonación, contaminación ambiental, entre otros– (ver por ejemplo: Sadler & Zeidler, 2005; Simonneaux, 2001; Zohar & Nemet, 2002; y otros citados en Jiménez-Aleixandre, 2005).

Los problemas sociocientíficos de acuerdo con Martínez e Ibáñez (2006), permiten la implicación personal de los y las estudiantes en la tarea, a la vez que posibilitan que el estudiante controle y evalúe su propio conocimiento y la satisfacción personal de resolver una situación; lo que según estas autoras redundaría en el mejoramiento de actitudes positivas hacia las ciencias y su aprendizaje, en tanto la ciencia que así se enseña, aun en su complejidad, tiene relevancia para la vida de todas las personas y favorece la motivación hacia su comprensión.

De acuerdo con Sadler y Zeidler (2005), la expresión *asuntos sociocientíficos* hace referencia a debates, polémicas, dilemas y controversias sociales generadas por conceptos, productos, procedimientos y técnicas que proceden de las ciencias. Asuntos que como la ingeniería genética, la biotecnología, la modificación de alimentos y el uso de herbicidas, son de naturaleza controversial, de debate público y objeto de influencias políticas, éticas y económicas en relación con las decisiones que sobre tales dilemas se tomen. Son asuntos en los cuales se hace más explícita la naturaleza sociocultural y

comprometida del conocimiento científico y, por lo tanto, la mutua relación ciencia y sociedad.

Siguiendo con los planteamientos de estos investigadores, al aludir a los asuntos sociocientíficos se hace referencia a cuestiones en las que se requiere tomar decisiones informadas sobre temas científicos de particular importancia e interés social; y en este sentido, se señala una diferencia con la perspectiva de investigación que se dirige al estudio de las relaciones CTS –ciencia/tecnología/sociedad–en tanto, esta última se focaliza principalmente en el impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad, pero se ocupa muy poco de la influencia de los asuntos de orden moral, ético, político y económico, de las decisiones tomadas en el ámbito de la producción, la justificación y la valoración del conocimiento científico.

Al respecto, la figura 3.6 presenta las relaciones de la ciencia y la tecnología como actividades culturales, con los asuntos sociocientíficos, donde la *racionalidad*⁷¹ como concepto permite tomar distancia del dogmatismo científico e implica aceptar los rasgos sociológicos de la construcción de conocimiento.

El tratamiento de cuestiones sociocientíficas en la educación en ciencias, sugiere la inclusión de literatura científica como fuente de información y objeto de debate en los procesos de aula; así mismo, le son inherentes el interés en los razonamientos de tipo no formal, los procesos de argumentación y, finalmente, las argumentaciones que los y las estudiantes construyen para presentar y defender sus posturas respecto a los dilemas propuestos. Se alude a razonamientos sustantivos y no formales porque ellos incluyen, necesariamente, aspectos de orden tanto cognoscitivo como axiológico, valorativo y afectivo (Sadler & Zeidler, 2005).

Como lo señalan Osborne, Eduran y Simon (2004), es importante llevar a las clases de ciencias las controversias que se dan en el ámbito de las disciplinas científicas e identificar los criterios de validez y confiabilidad con los cuales los científicos apoyan sus teorías, explicaciones, modelos y predicciones.

⁷¹ El concepto *racionalidad* que aquí adoptamos, es propuesto por Toulmin (2003) y alude a la posibilidad de ser razonables, más allá de los cánones de la lógica formal.

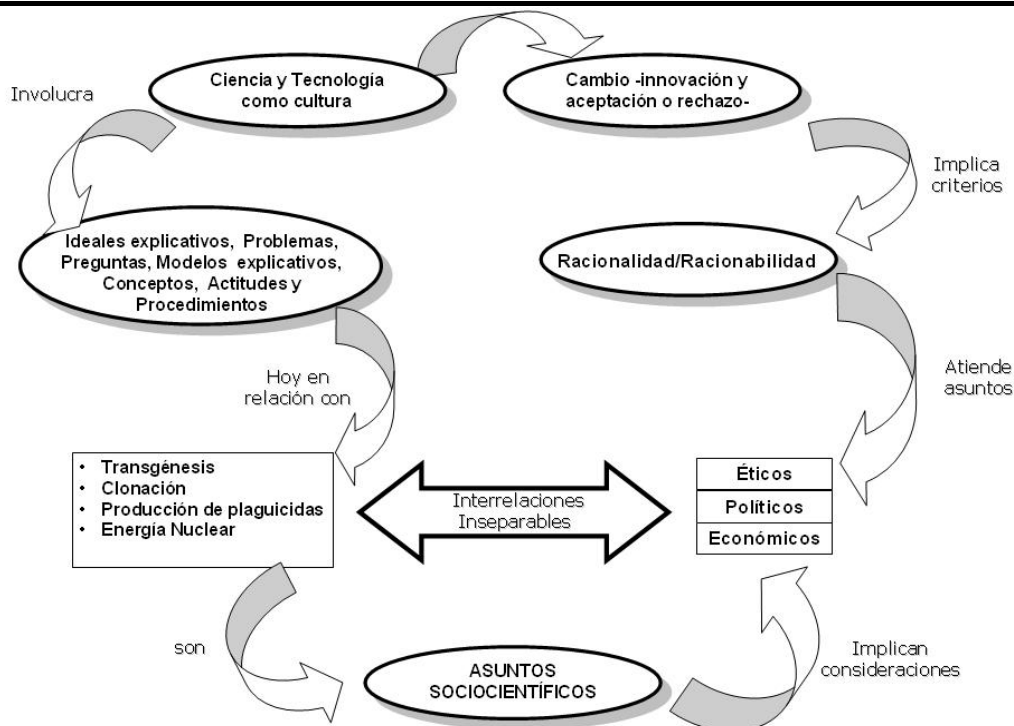


Figura 3.6 Racionabilidad como concepto que permite tomar distancia del dogmatismo cientificista e implica aceptar los rasgos sociológicos de la construcción de conocimiento

En ese sentido, lo más conveniente es organizar actividades que permitan las discusiones explícitas respecto a, por ejemplo, las normas y criterios que subyacen a los trabajos científicos; estrategias en las cuales es ineludible la consideración sobre la pluralidad teórica y conceptual; es decir, la aceptación de que no hay respuestas verdaderas y únicas a los problemas planteados; un aspecto que contribuye a desdibujar el autoritarismo y el dogmatismo tan comunes en las clases de ciencias. En síntesis, se busca propiciar el razonamiento, en tanto que la participación en debates implica tomar posturas argumentadas; es decir, suficiente y explícitamente justificadas y respaldadas.

3.4 Consideraciones respecto a la enseñanza para la argumentación

En el mundo de hoy, el de la ciencia, la tecnología y la información, altamente industrializado y mecanizado y envuelto en enormes crisis como la inequidad, la miseria y la devastación ambiental, crisis que no son ajenas a las relaciones ciencia y sociedad,

es fundamental la formación en la democracia participativa y deliberativa; es decir, en y para la toma de decisiones informadas y fundamentadas. Esta perspectiva es inseparable de la enseñanza basada en procesos de argumentación en los cuales se articulan, de un lado, las operaciones epistémicas y cognitivas que permiten cualificar los razonamientos; y de otro, los asuntos del ámbito sociológico que implican tomar posturas críticas y proponer soluciones en relación con cuestiones o problemáticas de orden sociocientífico.

En este ámbito de reflexiones vale resaltar las ideas de Zohar (2006) para quien pensar bien, es decir, razonar adecuadamente, es un prerrequisito para ser un ciudadano crítico en una sociedad auténticamente democrática, al tiempo que se constituye en una condición necesaria para ser capaces de hacer frente competentemente a las enormes cantidades de información y al manejo de las nuevas tecnologías de la información que caracterizan el mundo hoy. Es por esto que como lo señala esta autora, varios currículos – entre los que cita: Nuffield Curriculum Center de 2002; Qualifications and Curriculum Authority, sitio web revisado en 2005; American Association for the Advancement of Science de 1993; National Research Council de 1996 – enfatizan la necesidad de que en el siglo XXI todos los estudiantes aprendan ciencias de una forma que les permita evaluar críticamente cuestiones científicas y tecnológicas innovadoras.

Lo anterior nos lleva a insistir en que es necesario propiciar, en las clases de ciencias, estrategias pedagógicas y didácticas que permitan a los y las estudiantes el ejercicio de procesos y actitudes democráticas en espacios para la crítica y las discusiones. Se trata de enseñar y aprender a fundamentar decisiones y apoyar justificaciones y refutaciones. Aspectos en los cuales hay un enorme consenso en relación con la valoración de la perspectiva toulminiana sobre la argumentación situada y sustantiva,⁷² y sobre la potencial riqueza del modelo argumental de Toulmin – MAT – como un instrumento para la construcción y el análisis de los argumentos⁷³ (ver, por ejemplo, en Jiménez-Aleixandre & Díaz, 2003; Kelly & Takao, 2002; Osborne, Erduran

⁷² Recordemos que proceso argumentativo, acorde con las perspectivas de Toulmin, se expresa en términos de la razonabilidad, es decir, de exponer buenas razones; razones coherentes, pertinentes y situadas, superando los esquemas deductivos nomológicos o formales. Aprender a argumentar permitirá entender que, en la racionalidad, está implicada la flexibilidad intelectual como una posibilidad de presentar nuestras ideas, defenderlas o someterlas a refutación.

⁷³ No obstante, se reconocen problemas y debilidades en la propuesta del MAT; entre otras, la ambigüedad de sus elementos o categorías estructurales y, además, sus limitaciones cuando se trata de argumentos complejos.

& Simon, 2004; entre otros). No obstante, reiteramos que la enseñanza de la argumentación no puede reducirse al uso de estrategias heurísticas; debe ir mucho más allá si su pretensión es formar ciudadanos que se interesen por los estudios y los debates científicos y tecnológicos.

Ideas como las de Hodson (2003),⁷⁴ en relación con la educación en ciencias, hacen ineludible explicitar lo que debe contener un currículo para la formación inicial y continua de los profesores y las profesoras que en su ejercicio profesional estén en condiciones de proponer y utilizar modelos de enseñanza que permitan al estudiante aprender ciencia y tecnología, aprender sobre ciencia y tecnología y hacer ciencia y tecnología; es decir, modelos que les permitan implicarse en procesos de investigación y resolución de problemas científicos, al tiempo que se involucran en acciones sociopolíticas para responder en forma adecuada y responsable en situaciones del ámbito social, político y económico. Se alude aquí a la calidad de los(as) profesores(as) como intelectuales, calidad a la que le es inherente una visión adecuada y contextualizada de las ciencias, su aprendizaje y su enseñanza.

En este sentido, aludir a la ciencia como actividad cultural y resaltar su carácter humano y comprometido, así como sus limitaciones, al tiempo que se reivindica el valor de las argumentaciones sustantivas no formales, no implica caer en el relativismo, si se entiende que aun en su carácter situacional y contingente, el razonamiento y la argumentación exigen criterios que permiten evaluarlos en términos de su rigurosidad, su pertinencia y por ser atinentes al caso; es decir, no todo vale.

En coherencia con lo anterior, enseñar estrategias para un razonamiento adecuado y acorde con los problemas, identificar cuestiones sociocientíficas de interés contextual y enfocarlas con criterios de rigurosidad científica, reconociendo la pluralidad de las teorías explicativas y las limitaciones de la mismas son, entre otras, tareas que implican pensar en un profesor que además del dominio científico, conozca sobre la naturaleza de las ciencias, para que en su trabajo como educador pueda destacar los logros intelectuales y materiales de los científicos, al tiempo que permite la discusión de sus limitaciones y restricciones, cuestionando la imagen tradicional, dogmática y autoritaria de las ciencias (Izquierdo & Adúriz-Bravo, 2003).

⁷⁴ Estas son ideas planteadas por Derek Hodson en un artículo del volumen conmemorativo de los veinticinco años de la revista *International Journal of Science Education*.

En este orden de reflexiones, es posible decir que la formación de profesores trasciende ampliamente lo disciplinar; ésta deberá involucrar saberes de diversos ámbitos, como: el ético, el político, el pedagógico, el didáctico y, en lo posible, el investigativo; es decir, una formación integral que ineludiblemente deberá estar fundamentada en los campos que indagan por la naturaleza del conocimiento. Aquí, Stephen Toulmin, por su indudable incidencia en la investigación en educación en ciencias y, especialmente, por el enorme potencial de sus reflexiones epistemológicas, se constituye en un referente de enorme valor en el plan de formación de los profesores del campo de las ciencias experimentales.

En coherencia con lo expuesto, consideramos pertinente y necesario que el Seminario de Lógica de las Ciencias en el cual participa el grupo de estudiantes, objeto de estudio de esta investigación, analice y discuta lo escrito en este apartado, como una de las estrategias y actividades mediadoras en el aprendizaje y la comprensión de los asuntos que en el mismo Seminario son objeto de enseñanza y de aprendizaje.

Al respecto, conviene precisar que dicho espacio no se ocupa explícitamente de la enseñanza de los saberes disciplinares; no obstante, busca hacer aportes al aprendizaje de los mismos, así como a la discusión y comprensión de asuntos de orden epistemológicos que como lo planteamos, tiene profundas implicaciones en la elaboración de propuestas para la enseñanza. El seminario busca establecer un diálogo de saberes, teniendo como eje central las discusiones sobre la argumentación y su papel en la construcción de conocimiento.

Es en esta línea de consideraciones, en la que prevalecen los asuntos de orden epistemológico como cuestiones prioritarias y subyacentes a nuestra propuesta de investigación y antes de presentar nuestras indagaciones con maestros en formación, con base en la perspectiva epistemológica de Stephen Toulmin, en el Capítulo IV, presentamos algunos aspectos del devenir histórico de la Química, en relación con el concepto *sustancia*.

Retomamos, planteamos y proponemos para la discusión algunas de las ideas del epistemólogo y en un recorrido somero y no lineal, intentamos mostrar en el texto algunas complejas redes que se tejen entre los diversos componentes de lo que Toulmin

denomina *ecología intelectual*; así como, los nichos de la *racionalidad* y la *representación* en las dinámicas de las mismas.

La aproximación al devenir del concepto sustancia que presentamos en el siguiente capítulo, nos permite identificar preguntas y problemas que con diferentes significados, énfasis y matices, aún son vigentes; asimismo, hace posible hallar algunos modelos explicativos con los que se ha pretendido dar respuesta a dichas cuestiones y a las formas de validación que admiten la aceptación contextual de los mismos. Desde esa aproximación, planteamos algunas hipótesis respecto a posibles implicaciones de estos análisis para la enseñanza de las ciencias experimentales.

CAPÍTULO IV

4 SUSTANCIA EN EL DEVENIR DE LA QUÍMICA: DIME CÓMO TE BUSCAN Y TE DIRÉ QUIEN ERES

(...) las formas y las leyes de nuestros mundos no se encuentran ahí, ante nosotros, listas para ser descubiertas, sino que vienen impuestas por las versiones del mundo que nosotros inventamos, bien sea en las ciencias, en las artes, en la percepción y en la práctica cotidiana. Cuestiones tales como si el mundo está formado por partículas o por ondas, o cómo se mueve la tierra, se determinan mediante un laborioso proceso de invención y no a través de la observación pasiva (...)

Goodman, 1995

4.1 **Introducción: una lectura desde la perspectiva histórico epistemológica de Stephen Toulmin**

En este capítulo cristalizamos nuestro reconocimiento a los estudios en Historia y Epistemología de las Ciencias como fuentes fundamentales para la investigación y la innovación en la enseñanza de las mismas; para ello tomamos como eje articulador una perspectiva sociohistórica y cultural sobre las disciplinas científicas, su historia, su enseñanza y su aprendizaje. Guía nuestro trabajo la filosofía toulminiana articulada con aportes de fuentes ya presentadas, y otras que ahora pretendemos poner en consideración.

De acuerdo con Toulmin (1977), desde una visión evolutiva de las ciencias se toma distancia de quienes, como los positivistas, consideran que la tarea de los científicos es *descubrir* lo que sucede de hecho en el mundo; así como de quienes aluden a que dicha

tarea consiste en reordenar y mejorar los *formalismos* para hablar acerca de los fenómenos. En palabras del autor, compete a los científicos construir mejores *representaciones*, nomenclaturas y procedimientos explicativos, para dar cuenta de los aspectos importantes de la naturaleza⁷⁵ y discernir en qué condiciones y con qué grado de exactitud la *representación* resultante puede servir como *una* explicación (Toulmin 1977).

Como lo hemos venido anotando a lo largo de este trabajo, para Toulmin hablar de *representaciones* y, por tanto, de construcción de modelos, nos aleja de posturas deterministas. En el mismo sentido, considera que la pregunta acerca de si átomos, genes o electrones representan algo que *realmente existe* o son simples *ficciones teóricas*, es una cuestión que invita a tener en cuenta el sentido de la palabra *existen* y, al respecto, afirma que: “(...) para un físico práctico la pregunta por la ‘existencia’ de algo como un neutrón, actúa a manera de invitación a *producirlo*” (Toulmin, 1964^a, p.155).

Esta perspectiva cuestiona la verosimilitud como búsqueda de verdades eternas e inmutables y, al respecto, en relación con los *modelos teóricos*, llama la atención sobre la importancia de tener en cuenta que no toda entidad teórica que no se pueda *demostrar* que existe debe ser desechada. En sus palabras, la conclusión sobre si determinada *noción* debe ser dejada de lado, sólo resulta justificada si –como *el flogisto*, *el fluido calórico* o *el éter*– hubiera perdido fertilidad explicativa. Hay aquí un llamado a tener en cuenta que los *modelos teóricos* siempre implican una suposición provisoria, es decir, no son eternos ni inmutables, por muy sofisticados que parezcan; y, aunque sus aplicaciones hayan sido fértiles y de largo alcance, seguirán siendo *modelos* que si bien pueden dejarse de lado en un momento determinado, no son desechados en procesos simplistas de falsación o de verificación (Toulmin, 1964a).

En relación con lo anterior, y en la vía de resaltar la importancia de indagaciones sobre las *razones* que hacen posible la aceptación o el rechazo de un determinado modelo explicativo, conviene traer dos consideraciones fundamentales; la primera tiene que ver con el significado que da Toulmin (1977, 2003, 2006) al concepto

⁷⁵ Aunque no problematiza el concepto *naturaleza*, es posible decir que, en relación con los significados opuestos a los que hacen referencia Latour y Woolgar (1995), que más adelante presentaremos, Toulmin acoge el significado no determinista y toma distancia del que se refiere a una realidad externa o dada. Como veremos, admite la posibilidad de construcción de realidades científicas.

*racionalidad*⁷⁶ y al papel de la misma en la dinámica que caracteriza lo que él denomina *evolución* de las ciencias. Desde su punto de vista, las personas demuestran su racionalidad, no ordenando sus conceptos y creencias en rígidas estructuras formales, sino por su disposición a responder a situaciones nuevas con espíritu abierto, reconociendo los defectos de procedimientos anteriores y superándolos;⁷⁷ es decir, por su disposición al cambio (Toulmin, 1977).

La segunda consideración alude a que desde una postura no holística y no revolucionista, se hace un llamado a reconocer el valor intrínseco de teorías, procedimientos y criterios intelectuales que aunque pueden parecer erróneos y hasta *irracionales*, en algún momento y contexto cultural fueron considerados válidos, coherentes y consistentes. Esta consideración ratifica que los criterios de racionalidad y aceptación razonada de las explicaciones científicas no son eternos o inmutables; como las preguntas y los ideales explicativos con los cuales van relacionados, los criterios de selección son también *hijos del tiempo*, aunque sus cambios suelen ser muy lentos.

Desde nuestro punto de vista, estas dos consideraciones reiteran la importancia de desentrañar las *buenas razones*; esas razones consensuadas que permiten dar validez a una teoría, un concepto, un procedimiento o un modelo explicativo; es decir, invitan a comprender qué es aquello que subyace a un conocimiento que en una primera mirada, nos puede resultar erróneo y difícil de aceptar. Así mismo, alude a la importancia de incluir intencionalmente la flexibilidad intelectual y la actitud crítica; en palabras de Toulmin (2003), la *racionalidad*, como elemento fundamental de la *ecología intelectual*, en tanto legado cultural.

Al hablar de la racionalidad es importante recordar que Toulmin (1977) plantea, explícitamente, una relación entre su concepción sobre lo que son las disciplinas científicas y lo que en coherencia con la misma, significa aprender ciencias. Al respecto

⁷⁶ En uno de sus más recientes escritos, *Regreso a la razón* (Toulmin, 2003), Toulmin retoma algunas ideas centrales de sus ya tradicionales tesis sobre la argumentación sustantiva o no formal, planteadas inicialmente en 1958 (ver Toulmin, 1999) y, al respecto dice que, en relación con la racionalidad, la pregunta por la verdad da paso a las indagaciones por la pertinencia o relevancia y, de los asuntos de validez universal, se pasa a reconocer el lugar de lo contingente y atinente al caso.

⁷⁷ En el mismo sentido, va más allá y, respecto a la enseñanza y al aprendizaje, nos dice que la calidad de estos procesos se mide, no por la exactitud con que se manejan los conceptos específicos, sino por las actitudes críticas con que los estudiantes aprenden a juzgar aún los conceptos expuestos por sus maestros.

nos dice que es el proceso de *enculturación* el que permite al aprendiz apropiarse un acervo cultural; en otras palabras, hacerse partícipe de una ecología intelectual. Una apropiación que como se muestra en la figura 4.1, alejada de matices transmisionistas y dogmáticos, reivindica el papel de la *crítica*; esto es, de la flexibilidad intelectual y la apertura al cambio, como elementos centrales de la herencia cultural que es legada a quienes se forman en una disciplina intelectual.

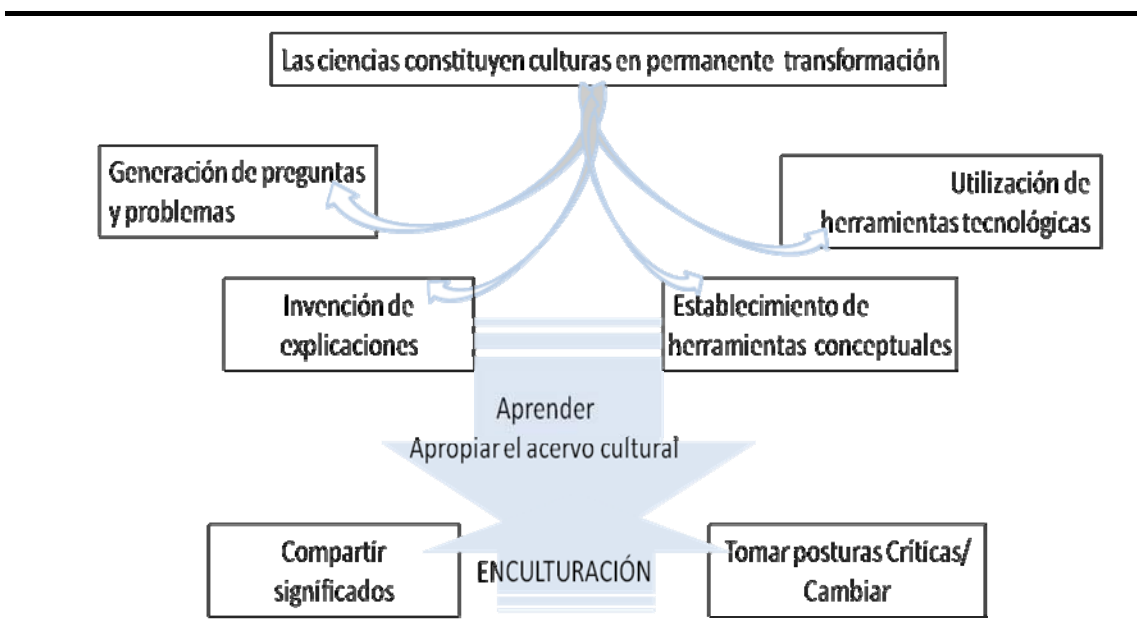


Figura 4.1 El aprendizaje como proceso de apropiación de un legado cultural que incluye, de forma prioritaria, sus posibilidades de cambio

En la base de las anteriores consideraciones subyace una postura crítica frente a la búsqueda de verdades mediante procedimientos adscritos a la lógica formal; y, en coherencia, hay una valoración explícita de la lógica sustantiva.⁷⁸ Desde esta postura, es nuestro interés, reivindicar el valor de algunos de los trabajos científicos que en el devenir de la Química, aluden al concepto *sustancia*; de la misma manera, pretendemos mostrar la importancia de la argumentación sustantiva como expresión de razonamientos en los procesos de enculturación; es decir, del aprendizaje de las ciencias. En este capítulo hacemos énfasis en el primero de estos propósitos.

⁷⁸ Conviene recordar que la lógica sustantiva, no formal o pragmática, alude al carácter contextual y situacional de los razonamientos, cuestiones a las que alude el epígrafe del Capítulo III.

En concordancia con lo anterior, seguidamente, presentamos una aproximación histórico-epistemológica, no exhaustiva, al devenir de la Química en relación con el concepto *sustancia*: sus raíces primordialmente filosóficas, las acepciones del concepto y sus significados, en los momentos que de algún modo, han caracterizado esta disciplina como empresa intelectual. Con esta aproximación pretendemos mostrar el carácter cambiante de las explicaciones racionales dadas a diversos problemas; la posibilidad de variación en las preguntas y en los ideales explicativos de los científicos; así como, el devenir de los criterios de racionalidad; es decir, de las *razones* o las *consideraciones* que permiten la aceptación y validación de dichas explicaciones. Aunque preferimos hablar del devenir, más que de la evolución, hacemos uso de este último concepto, en el marco de la perspectiva toulminiana.⁷⁹

La opción de aludir al devenir, implica evitar atribuciones eminentemente teleológicas a las dinámicas de las empresas intelectuales o científicas. En términos heracliteanos, obliga a pensar en continuas contradicciones, síntesis y tensiones; conlleva un reconocimiento de lo difícil que es cambiar los viejos marcos conceptuales, al tiempo que se identifican las implicaciones de los asuntos contextuales; es decir, la permanente construcción de relaciones que en algunas ocasiones comprometen cambios sólo en algunos aspectos de las ecologías intelectuales y, en otras, profundas transformaciones. El devenir admite rupturas y retrocesos; alude a que ocasionalmente, *reaparecen* elementos de anteriores marcos culturales, aunque siempre con diversos y novedosos matices *re-recreados*, *re-contextualizados* o *re-elaborados*, en permanente tensión con otros marcos de referencia.

En coherencia con lo dicho, nos interesa mostrar el *carácter científico* de algunas explicaciones aceptadas provisionalmente y, en lo posible, hallar la propiedad y adecuación de las razones para tal aceptación, considerando que como lo explicitan Toulmin, Rieke y Janik (1979), hablar de lo apropiado y lo adecuado depende de la situación; y, que lo que para un grupo es aceptable como razonamiento o argumento, puede no serlo para otro.

Así, retomamos de Toulmin la posibilidad de hallar rasgos de *filiación*, tanto en los problemas e ideales explicativos, como en aspectos relacionados con los criterios de

⁷⁹ Consideramos que el significado que da Toulmin al concepto *evolución* está más cercano al significado de devenir que a la connotación de evolución como *desarrollo* o *desenvolvimiento*.

selección de explicaciones; rasgos que de algún modo, permiten identificar en tiempos remotos, cuestiones que atañen con el campo disciplinar que nos interesa, la Química. En este orden, siguiendo las reflexiones del físico vienés Erwin Schrödinger, diremos que más allá de buscar las raíces de prejuicios científicos fosilizados y dogmatizados, nos proponemos una búsqueda que implica la esperanza de “desenterrar una sabiduría enterrada”, con el fin de “(...) no tomar por primitivo lo que es resultado de un proceso histórico, y por natural lo que es, de hecho, artificial” (1997, p.36).

Desde el punto de vista de este físico, es en el pensamiento de los antiguos filósofos griegos donde se encuentran las raíces y los más profundos cimientos de las interpretaciones y de los principios científicos que aunque cuestionados por perspectivas científicas contemporáneas, son aún dominantes en nuestro pensamiento, en las categorías lógicas en las que éste se mueve y los esquemas lingüísticos en los que se expresa (Schrödinger, 1997).

En este sentido, Schrödinger hace un llamado a reconocer que los rasgos fundamentales y las implicaciones filosóficas de la imagen del mundo que nos proporcionan teorías científicas actuales como la Cuántica son fruto, no de una necesidad lógica, sino de un proceso histórico que se remonta a los primeros estadios del pensamiento filosófico occidental.

En la misma línea de consideraciones – aunque desde otra perspectiva y aludiendo sólo a uno de estos filósofos, Aristóteles – J. Mosterín (1984) invita a ver que guardadas profundas diferencias, es posible considerar que las relegadas y cuestionadas elucidaciones aristotélicas sobre las causas o principios primeros, explicaciones en las cuales posiblemente subyace una visión sistémica, resultan coherentes y, quizá, útiles para comprender actuales teorías de la Física Subatómica.

En las cuestiones que nos ocupan, en este escrito, los motivos para *volver a los griegos* se constituyen en razones que justifican una más amplia revisión histórico-epistemológica de algunos conceptos explicativos que desde estos antiguos pensadores griegos y hasta nuestros días, han hecho parte de posibles respuestas a preguntas centrales y a ideales intelectuales con ellas relacionadas. Preguntas e ideales en los cuales es posible identificar redes que los vinculan con los problemas que hoy competen al campo disciplinar denominado Química y que de algún modo se enlazan con el

concepto *sustancia*, sus significados contemporáneos y con otros conceptos que le son correlativos en este campo.

Grosso modo, en este devenir nos aproximamos a significados filosóficos⁸⁰ y a la posible etimología del término; en un recorrido no lineal, nos acercamos a algunos aportes de los antiguos filósofos griegos, damos una breve mirada a los alquimistas, y aludimos, de manera especial, al trabajo de algunos predecesores de la llamada Revolución Química de Lavoisier, resaltamos algunos aportes de este investigador y de algunos de sus contemporáneos, entre ellos, J. Proust; para concluir con una breve alusión a las precisiones de D. Mendeleiev en relación con el concepto en cuestión. Un recorrido que intenta mostrar el carácter no acumulativo en la construcción de conocimiento científico y en el cual nos interesa desvelar asuntos de orden ontológico y epistemológico que desde nuestro punto de vista, tienen una gran importancia para la enseñanza de las ciencias experimentales y, en particular, para la enseñanza de la Química.

Como una manera de desplegar algunos aspectos de nuestras posturas epistemológicas, en especial con el propósito de resaltar el papel del lenguaje y la *argumentación* en la construcción de conocimiento como un proceso plural y comunal, y con el fin de presentar algunos significados contemporáneos del concepto *sustancia*, iniciamos este recorrido con la exposición de algunos aportes del estudio antropológico realizado por Latour y Woolgar⁸¹ al entonces reciente, pero bien posicionado campo de la neuroendocrinología; un campo, como veremos, fuertemente relacionado con el de la Química. En sentido figurado, pretendemos mostrar que es importante, como lo advierte E. Schrödinger (1997), no tomar por *natural* lo que es *artificial*.

⁸⁰ Acogemos la precisión que hace Mosterín, J. (1984) respecto al concepto *materia* y la hacemos extensiva al concepto *sustancia*; éstos son conceptos de origen eminentemente filosófico. En el mismo sentido, Caballero, M. y otros (1999) señalan que *sustancia* junto con *causalidad*, son conceptos ontológicos, cuyas significados tienen raíces en la metafísica aristotélica y marcan una concepción de *realidad* en la que se inscriben una amplia gama de filósofos de tendencia racionalista.

De acuerdo con el *Diccionario de Filosofía* de Nicola Abbagnano en su edición de 1966, desde la perspectiva aristotélica, toda cosa es lo que es en virtud de una *esencia necesaria*, que es causa intrínseca o extrínseca; y, además, todo lo que hay de real o de cognoscible en las cosas forma parte de la *esencia necesaria* y *existe necesariamente*. Más adelante retomamos las relaciones entre conocimiento, lenguaje, pensamiento y realidad, que aquí se configuran.

⁸¹ Este estudio es realizado en el *Salk Institute for Biological Studies* –Instituto Salk de Estudios Biológicos) La Jolla (California), durante 1976 y se presenta en el texto titulado, *La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos*, de Latour y Woolgar (1995). Aunque dicho estudio está centrado en el campo de la neuroendocrinología, retomamos los apartados del texto que tienen relaciones explícitas con el campo de la Química y, específicamente, con el concepto *sustancia*.

4.2 Sustancias: entre inscripciones gráficas, documentos, extractos naturales y materiales sintéticos

En concordancia con la perspectiva que subyace en nuestro trabajo, los autores del estudio al que hacemos referencia, en el apartado anterior, enfatizan el carácter sociocultural del conocimiento científico y emprenden el análisis de la producción de conocimientos con un acercamiento a la *vida en el laboratorio*; una investigación de tipo etnográfico –estudio de caso– respecto a lo que los autores denominan “construcción de hechos científicos”. Investigación en la cual conceptos como: *hecho, cultura, campo e inscripción gráfica*, son el centro de sus discusiones y nodos de las posturas epistemológicas que allí presentan.

Referente al concepto *hecho*, se explicita un reconocimiento a la tensión entre dos significados opuestos. De un lado, el que refiere el término a una entidad *objetivamente independiente*, algo dado de antemano, que en virtud de su carácter *externo* no es susceptible de cambio, podríamos decir, *naturaleza o realidad*. De otro, el significado etimológico del término que nos remite a las raíces *facere, factum*, es decir, *hacer o fabricar* (Latour & Woolgar, 1995, p.196). Es este último el que resulta coherente con la perspectiva antropológica acogida por los autores del estudio en cuestión, significado al que aluden al hablar de *construcción de conocimiento*; para el caso, la construcción de las *sustancias químicas*.

En relación con estos significados podemos decir que acorde con el primero, los científicos a los que alude el estudio, neuroendocrinólogos,⁸² describen sus propósitos de investigación en términos de *aislar, caracterizar, sintetizar y hallar los modos de actuación* de los factores liberadores; no obstante, son *vistos* por el antropólogo que los estudia como *lectores y escritores de literatura neuroendocrinológica*. Para este investigador, el laboratorio es una colmena de actividad *escritora o sistema de*

⁸² Los científicos objeto de estudio comparten como postulado central de su *campo*, la *neuroendocrinología*, que el cerebro ejerce control sobre el sistema endocrino y que, además, este control se hace por medio de *sustancias químicas discretas* de naturaleza peptídica, denominadas factores liberadores.

*inscripción gráfica*⁸³ en el cual los *instrumentos de inscripción* hacen posible la transformación de *trozos de material* en *documentos escritos* y los *enunciados* de dichos documentos pueden convertirse en una *entidad* o en un *artefacto*.⁸⁴

En su interés por resaltar y desentrañar los *microprocesos de negociación* de significados y los criterios de valoración, Latour y Woolgar destacan que los científicos del *Salk Institute* constituyen una extraña *tribu* que pasa la mayor parte del tiempo codificando, marcando, alterando, corrigiendo, leyendo y escribiendo, y que el principal resultado de las prolongadas series de transformaciones es un *documento escrito* que se constituye en el recurso crucial en la *construcción de una sustancia*.

En la base de su acercamiento a la vida en el laboratorio está el significado que asignan los autores a los conceptos *cultura* y *campo*; el primero se asocia con el conjunto de argumentos y creencias a los que se apela en la *vida diaria*, en este caso en el laboratorio de neuroendocrinología; y el segundo hace posible la correspondencia entre un laboratorio, red o grupo determinado y una mezcla compleja de creencias, hábitos, conocimientos sistematizados, prácticas experimentales, logros ejemplares, tradiciones orales y habilidades artesanales; es decir, la realidad que les es propia. (Latour y Woolgar, 1995, p.65). Podemos decir que en términos de Toulmin, esto constituye una ecología intelectual.

Por otra parte, Latour y Woolgar toman distancia de lo que denominan *descripciones epistemológicas retrospectivas*, por considerar que en éstas se plantea la elaboración de conocimiento en términos de *proceso de pensamiento* y *razonamiento lógico* en los cuales se olvidan, se eluden o se desconocen los microprocesos de negociación inherentes a estas construcciones. Ahora bien, en concordancia con la

⁸³ Como lo explicitan los autores, la noción de *inscripción gráfica* es tomada de Derrida y se refiere a la operación más básica que la escritura. Alude a trazos, manchas, números registrados, espectros, picos, entre otros. En el mismo sentido, un aparato de inscripción gráfica es aquel cuyo rasgo principal es la producción final de una *figura* o cualquier otra información sobre un nuevo compuesto.

⁸⁴ Al respecto, Latour & Woolgar nos dicen que los científicos participantes en su investigación estaban convencidos que una *inscripción* se relacionaba de forma inequívoca con una *sustancia externa*, en tanto fuera posible encontrar una inscripción similar: “(...) entonces, se decía que allí había una *sustancia* y que el pico era una *huella* suya (...) se conseguían un *objeto* mediante la sobreimposición de varios enunciados o documentos, de tal modo que todos los enunciados se relacionaban con algo *externo a*, o *más allá de*, la *subjetividad* del autor o del lector” (1995: 99). El camino contrario a la *facticidad* es el camino conducente a la *artificiosidad*.

perspectiva sociocultural de Lev Vigotsky,⁸⁵ Latour y Woolgar consideran que las negociaciones de significado, así como, los procesos de argumentación y persuasión son el trasfondo cultural que permite la emergencia de una idea o la reconstrucción de un razonamiento lógico.

Desde este punto de vista, el mismo acto de percibir está constituido por fuerzas sociales predominantes, y las iniciativas personales tienen relación directa con aquello que se ha leído, discutido o escuchado, en un determinado campo o ámbito cultural. Desde nuestro punto de vista, esta perspectiva es coincidente con las propuestas toulminianas, respecto al valor de la argumentación sustantiva y respecto al marcado acento en los aspectos socioculturales del conocimiento científico. Subyace aquí la consideración acerca del carácter altamente dependiente de las percepciones respecto al conocimiento.

En la perspectiva de Latour y Woolgar, no es posible separar contextos de construcción, validación y divulgación de conocimiento. La alusión a los microprocesos de negociación como nodo central de la construcción de hechos científicos, y la identificación del trabajo de laboratorio como actividad de inscripción gráfica cuyo producto principal son los documentos escritos, cuestiona la posibilidad de hablar de *descubrimientos* y enfatiza que la construcción de hechos científicos es una *construcción* eminentemente social. Para reafirmar dicha cuestión, estos investigadores apelan al papel de la *fenomenotécnica* como *reificación* de conocimientos en dicha construcción.

Respecto a la fenomenotécnica es importante resaltar que en coincidencia con la perspectiva de G. Bachelard, el significado dado a este concepto marca distancia respecto a posiciones empiristas, sensualistas y deterministas, para admitir la construcción de nuevas realidades científicas; no obstante, se aleja del racionalismo bachelardiano. La perspectiva antropológica, a la que aludimos, considera que los instrumentos de inscripción gráfica como los espectrómetros de masas y aparatos para cromatografía, entre otros, en tanto reificación del conocimiento socialmente construido, hacen posible la construcción de sustancias. A la manera en que lo propone

⁸⁵ Nuestra referencia a Vigotsky no desconoce que las aportaciones de este autor están vinculadas al campo educativo, mientras que las de Latour & Woolgar se dirigen a las empresas científicas. No obstante, los dos casos, comparten el supuesto de la construcción *en colaboración* con otros sujetos.

Toulmin, en dichos estudios se hace referencia a la existencia de *moléculas neurotransmisoras* en términos de la posibilidad de *construirlas*.

Desde este punto de vista, la *realidad objetiva* a la que aluden los científicos es una *realidad artificial* construida utilizando los instrumentos de inscripción, de tal manera que la existencia de los fenómenos y la de los textos que hablan de los mismos, está condicionada por dichos instrumentos; en palabras de los autores del estudio, “(...) no se trata sólo de que los fenómenos *dependen* de ciertos instrumentos materiales, sino que el escenario material del laboratorio constituye completamente los fenómenos” (Latour & Woolgar, 1995, p.77). Es de anotar que el uso de estos aparatos hace parte de y se constituye en prueba de *validez*⁸⁶ para, por ejemplo, identificar la estructura molecular de una sustancia, de modo que el valor de dichas pruebas cambia acorde con la *credibilidad* que se da a la información suministrada por los mismos.

Para ilustrar lo anterior acuden al caso de la *construcción* del TRF – factor liberador de la tirotropina – cuya estructura química se logra identificar en 1969, con base en la del producto sintético. Un proceso sobre el cual Latour y Woolgar llaman la atención al advertir que

(...) se habla de un *hecho* cuando la sustancia se identifica con su respectiva estructura química y es posible diferenciar un enunciado como *representación* y el *objeto en sí* que toma vida propia (...) en el comienzo de la estabilización del *hecho*, el objeto era la imagen virtual del enunciado; posteriormente, el enunciado se convierte en la imagen especular de la realidad externa⁸⁷ (1995, p. 199).

De acuerdo con el relato antropológico de la investigación del TRF, la literatura y las conversaciones dan cuenta de una transformación ontológica importante cuando por medio del espectrómetro de masas, el TRF deja de ser *similar* a *Pyro-Glu-His-Pro-NH₂* o *parecido* al compuesto análogo sintético. El estatus del TRF se transforma en un

⁸⁶ A propósito de lo cual, es importante anotar que, por ejemplo, en el siglo XVIII la balanza se convierte en instrumento esencial y *juez supremo* de las experiencias (Bensaude-Vincent, 1991), papel que cambia drásticamente en el contexto de investigaciones contemporáneas sobre la estructura de las sustancias.

⁸⁷ Es interesante resaltar la coincidencia de las relaciones aquí planteadas con la postura de N. Goodman cuando afirma que “(...) Las ciencias y las artes no son espejos que muestran la naturaleza, sino que la naturaleza es, más bien, un espejo que muestra lo que son las artes y las ciencias. Y los reflejos sobre el espejo son muchos y diversos” (1995:44).

hecho, su nombre químico pasa a ser el nombre de la *estructura real* e, inmediatamente, este hecho es plasmado en un enunciado del tipo: “queda establecido que *TRF es Pyro–Glu–His–Pro–NH₂*”; así, las *huellas* obtenidas, gracias a los aparatos de inscripción, son traspasadas al lenguaje de la Química. Conviene anotar que la coincidencia de los espectros del *producto natural* y del *sintético*, con base en espectrómetro de masas, por proporcionar información en el nivel de la estructura atómica, se muestra como una prueba de que el resultado final es incontrovertible.⁸⁸

En relación con lo anterior, podemos decir que son inseparables los procesos de inscripción de los aparatos y los de escritura, persuasión y discusión de los científicos que trabajan en el *campo*. La vida en el laboratorio se sintetiza en términos de construcción de hechos científicos; construcción que en este caso, implica *purificación* de *sustancias naturales*, fabricación o síntesis de *análogos* de sustancias conocidas y, principalmente, producción de *artículos* científicos que versan sobre dichas *sustancias*.

Escritos que además de las relaciones con los procesos de inscripción gráfica y discusiones formales, se basan en los microprocesos de negociación; es decir, en conversaciones informales; estos son los que permiten que “(...) una vez cesa la controversia, los hechos se dan por sentados (...) la *cosa* y el *enunciado* se corresponden por la sencilla razón de que provienen de la misma fuente. Su separación es sólo la etapa final de un proceso de construcción” (Latour & Woolgar, 1995, p.206). En este sentido, podemos decir que la *realidad* es consecuencia de la actividad científica.

En afinidad con lo anterior, considerando que la fluctuación de *facticidad* en los enunciados hacia la construcción de *hechos* consiste en la eliminación de modalidades o cualificaciones que matizan un determinado enunciado, y que esta construcción está medida por aparatos de inscripción gráfica que incorporan elementos intelectuales – antes conflictivos– en otros campos, concluyen los autores del estudio que “(...) la actividad de un científico no se dirige a la ‘*realidad*’ sino a las operaciones sobre los

⁸⁸ Para el caso, ya se había consensuado que el uso de, por ejemplo, la cromatografía de capa fina, no constituye una prueba adecuada. En palabras de uno de los participantes, “cualquier químico bueno te dirá que *TLC* no constituye una prueba”. En contraste, la potencia del espectrómetro de masas reside en el hecho de que se obtiene la inscripción, es decir, el espectro, por contacto directo del flujo de electrones con las moléculas de la muestra; y aunque, como lo señala Bachelard, su información está atravesada por múltiples mediaciones, a modo de caja negra, sus resultados son *incontrovertibles* (Latour & Woolgar, 1995: 164).

enunciados y que la suma de esas operaciones es el *campo agonístico*”. (Latour & Woolgar, 1995, p.263).

Para Latour y Woolgar, *agonístico* es el concepto mediante el cual se evita la alusión a que los científicos se ocupan en cierto modo de la *naturaleza*. En palabras de estos investigadores, *naturaleza* y *realidad* son conceptos que sólo se pueden usar como consecuencia de una actividad agonística; por tanto, dicen: “La actividad científica no es ‘sobre la naturaleza’, es una lucha fiera por construir la realidad (...) entendida como lo que no se puede cambiar a voluntad” (1995, p.273). Como *hecho* “(...) una vez creado el TRF se incorpora a nuestra visión del cuerpo (...) y pasa como verdad incontrovertible a los libros de texto” (1995, p.263). Es decir, se constituye en objeto de enseñanza.

4.3 Entre realidades, ficciones y representaciones: hacia la precisión de posturas epistemológicas

Para los autores del estudio al que hemos hecho referencia en el apartado anterior, queda plantada como cuestión central que los científicos no sólo construyen modelos o representaciones; ellos construyen *realidades*; un asunto de orden filosófico y epistemológico que alude a las estrechas relaciones entre conocimiento, pensamiento, lenguaje y realidad. En este sentido, a las preguntas dirigidas a buscar explicaciones a las *cosas del mundo* y las cuestiones acerca de cómo logramos este conocimiento, se incorporan las consideraciones sobre *qué es aquello que conocemos*.

Estas cuestiones, como lo hemos mencionado en este trabajo, han sido de profundo interés para científicos como W. Heisenberg, A. Einstein y E. Schrödinger, entre otros; quienes en algunas de sus reflexiones filosóficas hacen alusión explícita a las mismas, con posturas críticas al positivismo. Es así como, E. Schrödinger respecto las posibles y complejas relaciones entre las teorías y observaciones, entre lo que *conocemos* y aquello que *percibimos*, nos advierte que “(...) tendemos a creer que las teorías deben explicar las cualidades sensoriales, cosa que claro está, nunca consiguen” (1990, p. 95).

Por su parte, Einstein considera que “(...) es un fracaso tratar de derivar de la experiencia, las leyes de la mecánica” (1933 en Paláu, 1994, p.150). Desde su punto de

vista, la Teoría de la Relatividad ha demostrado que es errada la posición de los físicos de los siglos XVIII y XIX a quienes, dice, se les dificulta reconocer el carácter *ficticio* de los principios de sus sistemas por no aceptar que los conceptos y las leyes de base de la Física son libres invenciones del espíritu humano, *no* inferibles de las experiencias por medio de la abstracción.

Desde una perspectiva racionalista, respecto a las fuentes del conocimiento, este científico considera que la experiencia guía la elección de los conceptos, pero no es la fuente de donde se desprenden. Así, nos dice que:

En cierto sentido, pues, tengo por verdadero que el pensamiento puro, es competente para comprender lo real, como los antiguos lo habían soñado [y agrega] (...) el ideal de simplicidad está realizado en la *naturaleza* y la construcción puramente matemática nos permite *descubrir* que los conceptos y leyes que los enlazan, son la clave para comprender los fenómenos de la misma (Einstein, 1933 en Paláu, 1994, p.151).

A pesar de su crítica contra las posturas que dan a la observación el carácter de fuente del conocimiento, nos parece que su noción de realidad no es contundente en el sentido de tomar distancia de lo real externo.

Por el contrario, Heisenberg se muestra más coincidente con una noción no determinista de *realidad* cuando afirma que hoy, la meta de la investigación científica se aparta del conocimiento de una realidad material *en sí* y que al menos en la Física Cuántica, no se trata de aprehender el mundo, sino de la construcción de nuevas realidades. Al respecto dice que: “La noción de realidad objetiva de las partículas elementales se ha disuelto (...) en la transparencia de una matemática que describe, no el comportamiento de las partículas elementales, pero sí nuestro conocimiento de dicho comportamiento” (1985, p. 14).

En relación con lo anterior conviene recordar que, en términos toulminianos, la complejidad de estas relaciones implica entender que es imposible negar la diferencia existente, tanto en la condición lógica, como en las propiedades, entre *entidades* y *nociones* tan teóricas como *electrones*, *genes*, *campos*, *elementos químicos*, *átomos*, entre otros, y *cosas* tan cotidianas como las *mesas* o los *balones*. Conviene aludir al

conocimiento en términos de la construcción de lo *real científico* y entender el papel de *las representaciones construidas para comprender esa realidad*.

En el ámbito de estas discusiones, es importante precisar y profundizar en algunos aspectos de nuestras propias posturas epistemológicas; las que exponemos en Henao y Stipcich (2008) se inscriben en un nivel de moderadas (ver: Adúriz-Bravo, 2005; Izquierdo & Adúriz-Bravo, 2003), en tanto, configuran una imagen de las ciencias que como se sugiere en la figura 3.2 permite destacar sus aspectos sociales y humanos sin perder de vista los cánones que las rigen, sus logros y sus limitaciones. Una postura que concuerda con las ideas toulminianas respecto al carácter cultural y pragmático de los conceptos como estructuras triádicas de las cuales hacen parte, de un lado, los aspectos simbólicos y representacionales; y, de otro, la función explicativa que les es propia

Para nuestro propósito de indagar por los significados que se han dado al concepto *sustancia*, después de esta aproximación a una perspectiva contemporánea sobre el concepto y a las reflexiones epistemológicas que el mismo significado plantea, nos parece importante retomar las razones expuestas para volver nuestra mirada, no sólo a otros significados sino, especialmente y en lo posible, a las razones por las cuales estos significados fueron aceptados y compartidos; es decir, a las condiciones que los hicieron posibles. Comenzamos por los antiguos filósofos griegos, a quienes en forma explícita se refiere Einstein cuando dice que “(...) el pensamiento puro, es competente para comprender lo real, como los antiguos lo habían soñado” (Einstein, 1933 en Paláu, 1994, p.150).

4.4 Entre una gama de explicaciones, polaridades y coexistencias, una reconstrucción de significados

4.4.1 Las sustancias como principios ocultos: hilos difíciles de romper

Para Aristóteles,⁸⁹ en el camino hacia la construcción de explicaciones que eluden lo mítico y religioso, es decir, en la búsqueda de explicaciones en la *naturaleza* misma,⁹⁰ en la *physis* se halla el *surgimiento* de las ciencias, concretamente, de la Física; y con ella, las preguntas por lo epistemológico. En sus palabras, se hace explícita e intencional la preocupación por comprender el mundo y, al mismo tiempo, se procura entender cómo logramos esta comprensión; doble interés hoy vigente.

Podemos decir que los antiguos filósofos griegos pretenden explicar lo que se ve – las cosas del *mundo*– con base en lo que no se ve, *la sub-stancia* o *principio primero*; y consideran que a pesar del caos aparente, tiene que existir algo que es común a todo, lo que da permanencia y unidad a todo lo que existe; algo subyacente, discernible por la razón aunque no por los sentidos, una *materia común* que perdura a pesar de los aparentes cambios y que explica los mismos. En torno a la búsqueda de este *arché* se articulan la Filosofía, la Física y la Lógica.

Como lo narra Aristóteles, la Física se dirige a la búsqueda de la causa primera, es decir, de *la sustancia, el principio, arjé* o *arché*; un principio que debe ser hallado en la naturaleza misma, lejos de las deidades, por indagaciones de orden *eminente* racional y no por *conocimiento sensible*. Cuestión que fructifica en una pluralidad explicativa, a la que alude la figura 4.2

Llegar al conocimiento de estos *principios* implica trascender la percepción sensorial. Para Aristóteles conocer por los sentidos es una cuestión común a todos, asunto que no requiere esfuerzo, ni tiene nada de filosófico; desde su punto de vista, sólo el filósofo puede llegar al conocimiento de las cosas arduas, trascendiendo lo sensible y venciendo grandes dificultades para llegar al verdadero saber (1972). No obstante, esta relevancia de la *razón* por encima de la *experiencia sensible*, es calificada posteriormente como simple *especulación*.

⁸⁹ Las ideas de este filósofo, incluidos sus análisis sobre los aportes de sus antecesores y contemporáneos, son tomadas del texto *Lógica, metafísica y ética*, una compilación de algunas de sus obras, en edición realizada por la Editorial Porrúa en 1972, presentada y comentada por Francisco Larroyo, y de la cual transcribimos gran parte de las citas que aquí presentamos.

⁹⁰ Aunque hemos elegido la expresión *naturaleza* para aludir al significado referido a lo dado o externo, aquí lo escribimos en la expresión original de este filósofo.

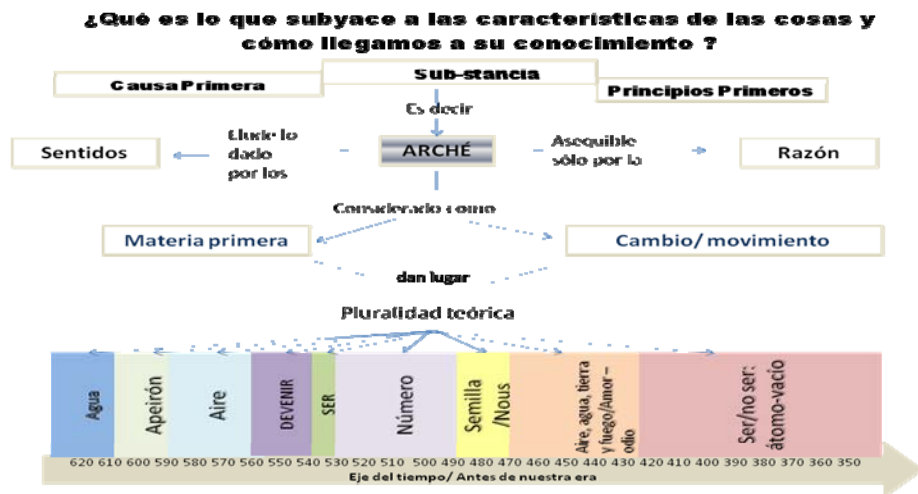


Figura 4.2 Preguntas y exigencias de validez permanecen por siglos; no así las respuestas a tales cuestiones

Aunque las respuestas explicativas de los filósofos griegos a la pregunta por los *principios o sub-stancias* son diversas y cambiantes con el tiempo, es importante resaltar que ésta es una cuestión de la que se ocupan por muchos siglos las ciencias y la Filosofía y que, al lado del anhelo *racionalista*, en la base de esas primeras respuestas está lo que hoy podríamos denominar *realismo ingenuo*, no obstante su propio cuestionamiento a lo que hoy denominamos *empirismo*. En palabras de Aristóteles, todo lo que pensamos tiene existencia real y en coherencia con ello, desde su punto de vista, pensamiento y lenguaje introducen orden en la naturaleza y posibilitan su conocimiento. A estas relaciones se refiere la figura 4.3.

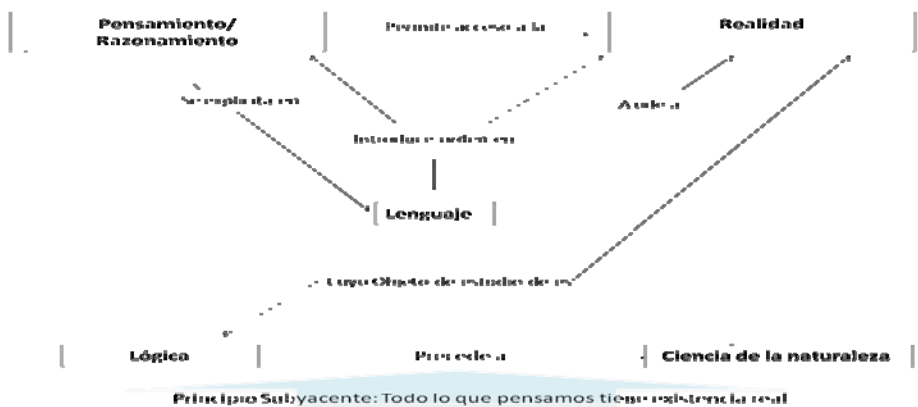


Figura 4.3 Las relaciones del conocimiento humano con la tríada pensamiento, lenguaje y realidad, desde la perspectiva de los antiguos filósofos

A la pregunta por las causas y principios primeros se unen los interrogantes respecto a cómo están conformadas las cosas del mundo y, en el intento de responder a estas cuestiones, hallamos dos modelos que sobresalen en una amplia gama de posibilidades explicativas. Se trata de las Teorías de la Continuidad y de la Discontinuidad o Teoría Atómica; la primera, defendida por Aristóteles, imperante por milenios, a la postre cuestionada y relegada. La segunda, la Teoría Atómica, defendida por Leucipo y Demócrito en tiempos anteriores a Aristóteles, un declarado contradictor de la misma, quien con su *autoridad ministerial* inicia el cuestionamiento y, en cierto modo, el rechazo que se extenderá durante siglos a dicha teoría; posteriormente es retomada, aunque con profundas diferencias respecto a las ideas *seminales*.

La denominada Teoría Atómica de los filósofos griegos, aunque desplazada por mucho tiempo, como se muestra en la figura 4.4, nunca fue totalmente olvidada. Según lo resalta Villaveces, J.L. (1989), a pesar de la hegemonía de las ideas del cristianismo que conllevan al desprestigio las ideas atomistas, estas últimas persisten en libros que son leídos por pensadores helenistas, bizantinos, árabes y por cristianos occidentales, desde la Alta Edad Media. En el siglo XVII, Pierre Gassendi defiende con vehemencia las ideas atomistas; contemporáneo de Descartes, comparte con éste la aspiración de dar una explicación matemática del mundo físico, no obstante, critica la pretensión de identificar *extensión* y *sustancia*, puesto que nos dice, si todo el espacio está ocupado, resulta imposible explicar el movimiento.

Podemos decir que las ideas atomistas sobre el espacio y la materia son conocidas y discutidas hasta lograr un estatus tal que depuradas por Pierre Gassendi y libres de matices e implicaciones *ateas* y *subversivas*, hacen posible responder a las demandas de la tendencia mecánico matemática y determinista de la época de la ilustración y, así mismo, por ejemplo en la Física, 50 años después de Gassendi, Newton⁹¹ usa la hipótesis atómica para explicar los fenómenos ópticos. Del lado de la Química, Robert Boyle, quien es otro de los discípulos de Gassendi, acoge la Teoría Corpuscular no sólo para explicar fenómenos como la elasticidad del aire, sino que alude a las reacciones químicas como transmutaciones que implican un proceso de rearrreglo corpuscular de todo cambio químico (Brock, 1998; Villaveces, 1989).

⁹¹ Desde una perspectiva racionalista, Descartes, con su horror al vacío, identifica sustancia con extensión y se opone a la teoría atómica; Isaac Newton, se hace alquimista y, al tiempo, adepto a la hipótesis atomista.

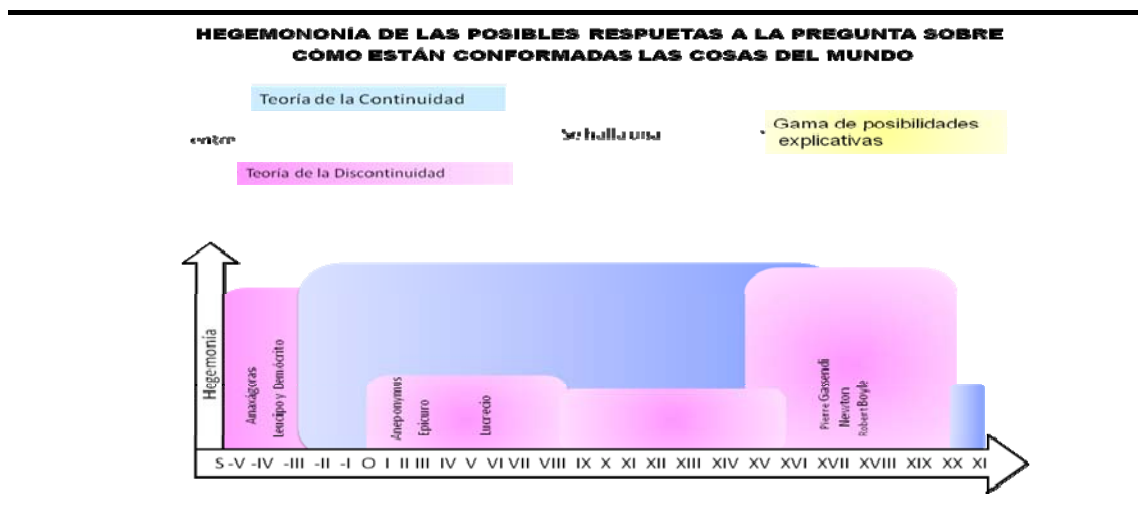


Figura 4.4 El modelo explicativo atomista, dominante aún en nuestros días, fue relegado por asuntos religiosos y políticos durante varios siglos

En fuerte controversia con las ideas aristotélicas, el conocimiento que se tiene del atomismo y las condiciones socioculturales de la época, inicios del siglo XIX, permiten explicar por qué este marco conceptual toma impulso y se va haciendo hegemónico después de trabajos como el de John Dalton, investigador que re-elabora los principios del viejo atomismo, relacionándolos con los fenómenos experimentales y con los modelos matemáticos inherentes al trabajo científico y al rigor exigido en su época – finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX– no obstante, es fundamental señalar las profundas diferencias entre los presupuestos implicados en el modelo del atomismo griego y los asuntos que pretende explicar el modelo daltoniano: mientras el primero alude principalmente a la unidad de estructura de los materiales, el segundo se refiere a la unidad química de combinación (Bensaude-Vincent, 1991).

A modo de síntesis, en la figura 4.5 resaltamos algunas cuestiones centrales de los dos modelos explicativos – de los que venimos hablando – propuestos desde la Antigua Grecia: el de la Continuidad y el de la Discontinuidad. Modelos que como lo hemos anotado, son criticados especialmente por quienes, como los citados por Schrödinger (1997) piensan que se trata de ideas irrelevantes propias del ámbito eminentemente

especulativo, por no estar relacionadas con evidencias empíricas que las validen.⁹² No obstante, algunos consideran que son modelos teóricos útiles para interpretar posteriores *hallazgos*, caso reconocido y ya mencionado, en relación con la teoría de Leucipo y Demócrito re-elaborada por Dalton y, posiblemente, aplicable al enfoque propuesto por Aristóteles⁹³ que como lo señala J. Mosterín (1984), quizá se muestra coherente con la actual teoría de campos.



Figura 4.5 Los análisis sistémicos propios de la teoría de la continuidad se oponen a los análisis definitivos implicados en la teoría atómica

⁹² En oposición a quienes aluden a los filósofos griegos como eminentemente especulativos, alejados de la experimentación, Villaveces, J.L. (1989) nos recuerda que, por ejemplo, Anaxágoras realiza experimentos con el objeto de demostrar que hay procesos físicos que tienen lugar a nivel microscópico, por debajo de las posibilidades de nuestra percepción. De experimentos como el de verter un líquido negro gota a gota sobre un líquido blanco, o viceversa, y observar que el cambio de color sólo es posible cuando se han mezclado varias gotas, concluye que existen unos principios a los que llama *semillas* y a los cuales considera infinitos en número y variedad; partículas indestructibles que encierran en sí mismas las cualidades de todas las demás. Basando sus hipótesis en la observación de la naturaleza y en la experimentación anuncia, con mucha antelación, la teoría de Leucipo y Demócrito.

⁹³ Para la Teoría de la Discontinuidad, el átomo como partícula indivisible es el *cuerpo* último obtenido en el análisis. Para Aristóteles, la *substancia* es articulación de materia y forma; y, toda materia es materia de algo, no llega a análisis definitivos; en cierto sentido, podemos decir que alude a análisis sistémicos.

En relación con estos dos modelos teóricos, que no agotan las posibilidades explicativas, retomamos de Segura, D. (1997) un llamado a considerar que en la construcción de explicaciones de, por ejemplo, la constitución y estructura de los materiales, es posible identificar posturas para las cuales las *cosas del mundo* están dotadas de propiedades independientes de quien las observa o las estudia, dejando de lado la posibilidad de hallar un rico *mundo* pleno de interacciones; así mismo, es posible ver las cosas como agregados de eventos u objetos más simples; o al contrario, considerarlas en su complejidad, no reductibles a suma de constituyentes, cognoscibles sólo parcialmente por medio de representaciones, en permanente cambio y reconstrucción.

Respecto a estos marcos conceptuales y –reconociendo que nuestro análisis es somero– desde una visión no revolucionista, nos interesa resaltar que a pesar de las diferencias mostradas en la figura 4.5, durante mucho tiempo algunos de los conceptos propios de cada uno de estos marcos fueron usados en forma simultánea en importantes explicaciones y trabajos de investigación entre los que sobresalen algunos relacionados con lo que consideramos condiciones de posibilidad para la Química Moderna.

4.4.2 Perspectiva analítica en diálogo con la especulación: hacia la construcción de la Química moderna

Desde visiones revolucionistas, el llamado *sustancialismo* – de raíces griegas e inmanente a la alquimia medieval – sólo es superado por el mecanicismo matemático hacia una *verdadera* ciencia, mediante procesos de ruptura paradigmática con la Revolución Química. No obstante, como lo hemos planteado e ilustrado en la figura 4.4, es posible identificar la coexistencia, al menos hasta los inicios del siglo XIX, del llamado sustancialismo aristotélico y el mecanicismo atomista; así mismo, por mucho tiempo se entrelazan conceptos como *elemento-principio* con *elemento-sustancia simple* y la denominada especulación racionalista con los análisis experimentales, entre otros.

De acuerdo con Furió-Mas y Domínguez-Sales (2007), los conceptos macroscópicos *sustancia* y *compuesto*, que se introducen desde el siglo XVII, sólo son interpretados

microscópicamente en el siglo XIX; y para llegar a la construcción de una explicación atomista de los cambios químicos fue necesario superar fuertes controversias. Desde el punto de vista de estos autores, los trabajos sobre composición de los cuerpos llevan a un cuestionamiento sobre los presupuestos aristotélicos e implican la introducción de definiciones de sustancia química y compuesto. No obstante, resaltamos que esta introducción no conlleva el abandono inmediato de las ideas que hoy pensamos son contrarias a dichas definiciones.

En este sentido, nos interesa destacar la existencia de hilos de relación que muestran que a pesar de los cuestionamientos, y aunque resignificadas, las ideas aristotélicas son usadas aún por investigadores contemporáneos a Lavoisier. En esta misma línea de consideraciones destacamos que integrada a dichas ideas precede a Lavoisier la noción operativa y empirista sobre las *sustancias* o *cuerpos simples* y que aunque *evitada* por este investigador, es discusión explícita en su época la explicación que alude a la composición en el ámbito de lo microscópico, en términos de lo *molecular*.

En relación con las nociones sobre composición, resaltamos que desde del siglo XVII se hace explícita la perspectiva analítica que caracteriza a la Química Moderna. Así, por ejemplo, con base en aportes de Robert Boyle (1627-1691) y haciendo eco de los mismos, Nicolás Lemery (1645-1715) dice que la expresión *principios* no debe ser empleada en sentido estricto, puesto que algunas sustancias consideradas como tales podrían dividirse en una infinidad de partes, verdaderos *principios*; en este sentido, precisa, el término alude a las sustancias que son divididas hasta donde el “débil esfuerzo humano lo puede lograr” (Lemery citado en Bertomeu & García, 2006), expresión retomada literalmente por Lavoisier.

Para ilustrar este entramado de relaciones de significados y como muestra de la persistencia de las ideas aristotélicas, Lavoisier justifica que su *Tratado elemental de Química* no incluya un capítulo sobre las partes constituyentes y elementales de los cuerpos y, al respecto, advierte sobre la presencia de los presupuestos aristotélicos y cuestiona el carácter especulativo de los mismos, señalando que:

(...) la manía que tenemos de que todos los cuerpos se compongan de tres o cuatro elementos, se debe a un prejuicio heredado de los filósofos griegos
(...) una mera conjetura imaginada mucho antes que se tuvieran las nociones de la Física experimental y de la Química (Lavoisier, 1982, p.10).

Lavoisier hace alusión a las discusiones y explicaciones en el nivel microscópico, a las ideas atomistas, no obstante, se refiere a ellas para objetarlas y situar de forma relevante el significado operativo de *elemento* en términos de *sustancia simple*, al afirmar que:

(...) si por el nombre de elementos queremos significar moléculas simples e indivisibles que componen los cuerpos, es probable que las ignoremos; pero si unimos al nombre de elemento o principio de los cuerpos, la idea del último término al que se llega por vía analítica, entonces todas las sustancias que no se puedan descomponer (...) o faltándonos los medios para hacerlo, debemos considerarlos cuerpos simples (...) hasta que la experiencia y la observación muestren lo contrario (Lavoisier, 1982, p.11).

Por la contundencia para ilustrar el asunto respecto a lo que podemos identificar como articulación de marcos teóricos *opuestos*, presentamos las aseveraciones de un contemporáneo y colaborador de A. Lavoisier, Pierre-Joseph Macquer, quien en su *Diccionario de Química* de 1766, siguiendo las ideas de algunos de sus antecesores, investigadores como N. Lemery y E. Geoffroy, entre otros, hace importantes precisiones sobre la *composición* de lo que denominan *cuerpos*; al respecto, propone un modelo explicativo que se caracteriza por un interesante aporte al establecer una diferencia en el *nivel de análisis* usando los conceptos: *partes integrantes* y *partes constituyentes*.

Desde su punto de vista, las *partes constituyentes* son los *principios de los cuerpos*, diferentes entre sí y del compuesto del que forman parte; es decir, son sustancias de materia diferente que por su unión y combinación mutua *constituyen* los cuerpos mixtos o cuerpos que no participan de las propiedades de las partes constituyentes. En otro nivel, las *partes integrantes* de los cuerpos no se diferencian entre sí en nada y tampoco difieren, en cuanto a su naturaleza y a sus principios, del cuerpo del que hacen parte; es decir, las *partes integrantes* de un cuerpo son las *moléculas* más pequeñas en las que éste puede ser resuelto sin ser descompuesto (Macquer citado en Bertomeu & García, 2006).

Asimismo, Macquer confiesa la dificultad para trascender antiguos presupuestos, al afirmar que

(...) se reconocerá sin duda con asombro que actualmente admitimos como principios de todos los compuestos, el fuego, el aire, el agua y la tierra, que Aristóteles había designado como tales, mucho antes de que se tuvieran los conocimientos químicos necesarios para comprobar la veracidad de esta afirmación (...) [y agrega] es posible que esas sustancias se encuentren en un elevado estado de composición (...) o que sean transmutables unas en otras (...), pero como la experiencia no nos informa nada al respecto, debemos considerar en Química, al fuego, al aire, al agua y la tierra, como cuerpos simples; porque en efecto actúan como tales en operaciones científicas (Macquer citado en Bensaude-Vincent, 1991, p. 419)

Resaltamos aquí la compleja red conceptual que se teje en las investigaciones que hacen parte de las condiciones para la consolidación de la Química como disciplina. Red que explicita el diálogo entre conceptos e ideas que hoy nos parecen irreconciliables. En palabras de Bensaude-Vincent, con base en lo postulado por Macquer,

(...) la doctrina de los cuatro elementos triunfa en pleno siglo XVIII; y no lo hace en detrimento del desarrollo de la Química analítica, ni por reacción contra éste, sino gracias a él. Más aún, las conquistas experimentales de esta joven ciencia consolidarán paradójicamente el triunfo de los viejos elementos principios; porque en efecto actúan como tales en operaciones científicas (1991, p. 419).

Es posible decir que la teoría aristotélica y su concepto *elemento* como *sub-stancia* o *principio* responsable de las características, al que sólo se podría acceder por vía de razonamiento, se pone en relación con la concepción operativa de sustancia simple; una concepción coherente con perspectivas epistemológicas empiristas de los siglos XVI y XVII, que buscan con afán trascender la denominada metafísica especulativa endilgada al trabajo de los alquimistas, a la postre, considerados como herederos del llamado dogmatismo aristotélico.

En esta línea de consideraciones, respecto a las discusiones, convergencias, divergencias y articulaciones, es ineludible resaltar una perspectiva teórica fuertemente cuestionada, la *Teoría del Flogisto*, un modelo explicativo contra el que se pronuncia de forma contundente A. Lavoisier en nombre de la Química Moderna. Aunque más

adelante hacemos un breve acercamiento a esta propuesta explicativa, nos interesa aquí anotar que por ejemplo, Priestley y Cavendish, investigadores del siglo XVIII en Inglaterra, fieles a la Teoría del Flogisto y con ella a los *principios* aristotélicos, comparten también las ideas atomistas de Robert Boyle para explicar cuestiones como el comportamiento de lo que posteriormente se conoce como *gases*.⁹⁴

Respecto a este entramado de problemas, conceptos y significados, podemos decir que articuladas con propuestas teóricas –algunas milenarias– que han sido consideradas como inadecuadas y hasta irracionales, desde el siglo XVII sobresalen investigaciones que contribuyen a hacer posible la construcción de la Química como una disciplina científica. Consideración que se refuerza con la alusión a que en dicho siglo se puede identificar que con aportes de la Alquimia y, especialmente, de la Iatroquímica paracelsiana, en varias partes de Europa se introducen prácticas e instrumentos que favorecen la estructuración de una cultura particular, distante de lo que podría estar en las boticas y en los talleres de artesanos (Bertomeu & García, 2006).

Además de las anotaciones antecedentes, para una mejor comprensión de lo que identificamos como condiciones de emergencia de la denominada Química Moderna, conviene presentar, aunque en forma somera, algunos aspectos de una cultura que por milenios ocupa un lugar privilegiado como campo de saber. Se trata de la Alquimia, un saber que como lo señala Brock (1998), es considerado por la mayoría de los químicos, historiadores y novelistas del siglo XIX, una aberración; criticado como antagonista de lo verdaderamente científico y considerado como irracional; no obstante, desde otro punto de vista, es una cultura que hace importantes contribuciones a la Química Moderna.

Consecuentes con lo que hemos venido planteando, en este recorrido por las condiciones que hacen posible la consolidación de la Química, tomamos distancia de lecturas continuistas, dado que es nuestro interés hallar lazos de relación e identificar procesos de re-elaboración y re-significación.

⁹⁴ Fuertes controversias, acuerdos, distanciamientos y nodos de relación de significados, constituyen el contexto cultural que, en los albores del siglo XVIII, posibilitan condiciones intelectuales hacia la denominada Química Moderna. A las contribuciones de la Alquimia y posteriormente a la Teoría del Flogisto hacemos referencia en este escrito teniendo como trasfondo una valoración crítica de sus aportes, en la perspectiva de considerar el contexto de sus producciones, en contraste con contextos legatarios de su acervo cultural.

4.5 **Búsqueda de sustancias, entre metafísica y praxis: el trabajo del alquimista**

Una doctrina de la ciencia, es desde ya una doctrina de la cultura y el trabajo, una doctrina de la transformación correlativa del hombre y de las cosas

Bachelard, 1975

4.5.1 **Entre sustancias esquivas y transmutaciones**

El devenir en las culturas implica complicados procesos de construcción, transformaciones, permanencias, enfrentamientos, tensiones, rechazos, resurgimientos, desapariciones y síntesis. Es el caso de la Química y, con ella, de un saber con el cual tiene innegables relaciones, la Alquimia; una cultura milenaria que se hace presente en diversas épocas y latitudes: la Alquimia China, la Indú, la Árabe, la Mesopotámica y la Griega, penetra a Europa como una filosofía de vida que se expresa en sus teorías y prácticas, especialmente entre los siglos IX-XVI de nuestra era.

Esta vasta presencia y práctica de la Alquimia en diversas culturas y momentos históricos –durante un período tan extenso– es posible explicarla desde análisis antropológicos y psicoanalíticos, según Carl Jung (citado en Brock, 1998), se debe a que las actividades y principios básicos que le son propios están en estrecha relación con permanentes interrogantes espirituales del ser humano.

Según Aromático (1989), los alquimistas inventaron una vía de conocimiento próxima tanto a la ciencia como a la religión, pero bien diferenciada de ellas. En sus escritos –un universo gráfico fuertemente simbólico: *libros mudos* para la mayoría, muy elocuentes para los *iniciados*–, hablan de espiritualizar la materia y materializar el espíritu; consideran posible conocer *la verdad* a través de una técnica secreta, mediante el dominio de una *metafísica experimental*. Por su contenido técnico y su simbolismo hermético, se cree que los primeros tratados de alquimia, conocidos en la época medieval, provienen del Egipto helenístico.

Como se puede ver en la figura 4.6⁹⁵, entre los símbolos y grañas herméticas, la compleja ontología implicada en sus laboratorios y sus diversos procedimientos epistémicos, se conjugan en un saber de circulación restringida: ciencia, magia y religión. En palabras de Hermes Trismegisto, como una clara alusión al poder *creador* de este saber, la Alquimia es la ciencia inmutable que trabaja sobre los cuerpos con la ayuda de la teoría y la experiencia y, por una conjunción natural, los transforma en especies superiores y más preciosas (citado en Aromático, 1998; Brock, 1998).



Figura 4.6 Los laboratorios de los alquimistas: santuarios que hoy son un valioso legado cultural de su ontología y su epistemología

Heredera de las enseñanzas de Hermes y articulada a muchas de las ideas de los antiguos filósofos griegos, la Alquimia medieval cultiva teoría y práctica; los libros antiguos de los grandes maestros son la fuente de importantes conocimientos teóricos, en tanto que sus *experimentos* hacen parte de sus conocimientos prácticos. Los alquimistas indagan por los *principios* constituyentes de todo lo que existe y por los agentes que lo generan; aceptan una unidad esencial de todo el universo y se ocupan

⁹⁵ Construida con base en base en ilustraciones tomadas de Aromático (1998)

especialmente de cultivar el poder *transformador del ser humano* que busca arrancar a la *naturaleza* sus secretos y hacer uso de los mismos.

Los alquimistas poseen una rica ontología, base de sus prácticas científicas y de sus prácticas sagradas, las mismas que llevan al asiduo del saber a convertirse en filósofo poseedor de la *sustancia suprema*: la piedra filosofal, materialización del espíritu (Aromático, 1998). Siguiendo esta línea, con Paracelso – en el siglo XVI– la Alquimia se propone una búsqueda de la salud como equilibrio de los *principios* en el cuerpo humano. En el mismo sentido, al logro en sus experiencias con el crisol, está atado el logro de la iluminación para comprender, poseer la luz y trascender, sin morir. A estas cuestiones nos referimos en la figura 4.7

Como lo sintetizamos en dicha figura, en la búsqueda del ritual preciso que permita la transmutación de los metales en *oro* y la purificación del alquimista hasta hacerse *inmortal*, el trabajo de éste se confunde con la magia; busca dominar las *sustancias*, los *principios* y las *fuerzas de la naturaleza* para obtener su fin: la piedra filosofal, el *elixir de la vida*.

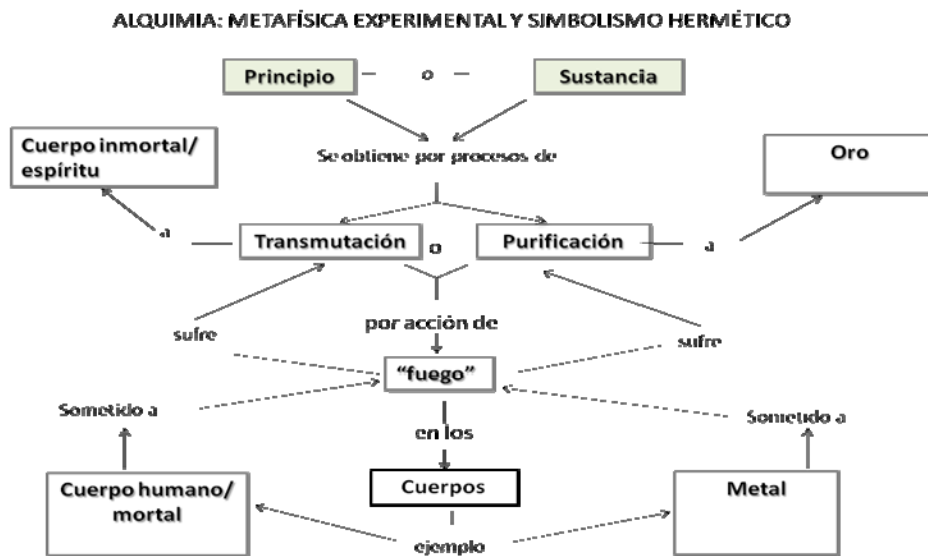


Figura 4.7 Cambios, transmutación y purificación: metas posibles aunque sólo para los iniciados en los saberes alquímicos

Respecto al proceso de transformación del metal en oro, en los relatos de Alberto Magno (citado en Aromático, 1998) es posible identificar, aún en su gran diversidad, algunos procedimientos sugeridos para tal fin: primero, la reducción de sustancias a su materia primera; luego, la extracción del mercurio y el azufre, seguida de su purificación hasta darles la apariencia del oro y de la plata, para obtener *elixir blanco* y, finalmente, el *elixir rojo* en un proceso regido por cuatro tipos de operaciones: descomposición, lavado, reducción y fijación.⁹⁶

En relación los asuntos ontológicos y epistemológicos que hemos planteado, resulta muy interesante establecer posibles relaciones entre la descripción esbozada en el párrafo anterior y algunos apartes de lo expuesto sobre las investigaciones en el Instituto Salk. Algunos autores – por ejemplo, Villaveces, 1989 – consideran que desde un trasfondo sustancialista y animista, donde hoy vemos reacciones químicas, los alquimistas veían *transmutación* de los principios constitutivos.

4.5.2 Legado cultural a la Química moderna

Eludiendo los aspectos de tipo mágico y religioso, es posible considerar la Alquimia como disciplina que se practica en los laboratorios. Los Alquimistas disponen de técnicas y aparatos como: calderos para fundir y calcinar, tenazas, fuelles, crisoles de arcilla refractaria, morteros, hornillas para mantener la temperatura a diferentes grados, frascos para conservar sustancias, lámparas, baños de maría, filtros, alambiques y retortas, entre otros instrumentos que utilizan en procesos como la destilación, la sublimación, la fusión de metales y la producción de aleaciones; así como, la copelación, la obtención y la purificación de algunas sustancias químicas. Podemos decir que guardando las restricciones de rigor implicadas al aludir a asuntos culturales y contextuales, estos instrumentos y procesos son aún utilizados, aunque con profundas modificaciones.

⁹⁶ En oposición a lo defendido por Louis Proust, respecto al principio de composición definida para la sustancia pura, a los alquimistas no les preocupan las proporciones de combinación; desde su punto de vista, las *sustancias* pueden ser diferentes de acuerdo con su procedencia y modo de elaboración. Vale aquí recordar las relaciones descritas en Latour y Woolgar (1995), entre los *análogos sintéticos* y los *extractos naturales*.

Continuando con este legado cultural, los alquimistas construían sus hornos y recipientes de cerámica y vidrio; conocían las técnicas de la metalurgia y las propiedades curativas de las plantas y, algunos de ellos, los que estaban en contacto con monasterios y universidades, interpretaban libros antiguos y aportaban nuevas versiones sobre procesos y principios filosóficos (Brock, 1998; Cubillos, 1989). De acuerdo con Llorens, J. (1991), otras contribuciones de la alquimia medieval son, por ejemplo, la descripción y utilización de ácidos minerales; la identificación y el uso de *nuevas sustancias* como las sales amónicas y el ácido acético obtenido por destilación del vinagre; así como las primeras ideas de afinidad en un sentido químico y su interés en la clasificación de las sustancias.

Respecto a este último asunto, en estrecha relación con la tría prima de Paracelso, plantean tres tipos o clases de sustancias, a saber: los *espíritus* o *sustancias volátiles* por la acción del fuego; los *cuerpos metálicos*, fusibles y que producen ruido al ser golpeados; y los *cuerpos frágiles* a los golpes. Una clasificación novedosa por su carácter operativo basado en manipulaciones concretas, aunque con categorías muy ambiguas por agrupar sustancias dispares, desde el punto de vista actual.

Herramientas, símbolos, procedimientos y conceptos hacen parte de un legado cultural que en los siglos XVI, XVII y XVIII se estructura y fortalece apoyado por marcos teóricos, como los de tipo mecanicista y matemático, por otros métodos de investigación y por nuevos parámetros de validación que de algún modo hacen parte de un conjunto de condiciones de posibilidad para la emergencia de la denominada Química Moderna. Sin embargo, no es posible hablar de total discontinuidad, aunque sí de algunos cambios profundos en lo que se refiere, por ejemplo, a un alejamiento del hermetismo, del espíritu mágico-religioso y del lenguaje que les son característicos y a sus cánones de cientificidad.

Finalmente, y en relación con lo anterior, es posible decir que la Química Moderna, regida por los principios racionalistas imperantes desde el siglo XVII, de algún modo, es heredera del legado cultural construido por lo alquimistas; aunque reniega de algunos de sus mentefactos, esto es, de los conceptos ligados a su filosofía mística y mágica, se apropia de muchas de sus herramientas (Cubillos, 1989). Así, desde la perspectiva toulminiana, la llamada Revolución Química promovida por Lavoisier no implica una ruptura total con los conocimientos que la preceden.

4.6 En la búsqueda de la composición de las sustancias: las condiciones de posibilidad de la Química como disciplina autónoma

Desde la perspectiva toulminiana, retomando las ideas de Bertomeu y García (2006), es posible identificar en los albores del siglo XVIII una genealogía histórica particular: por un lado, investigadores que se distancian de la Alquimia y buscan credibilidad y reconocimiento; y, por otro, un grupo de científicos que comparte –con diversos matices y con profundas diferencias– problemas, ideales explicativos, conceptos corrientes, procedimientos y cánones de científicidad. Se está en una búsqueda de mayores niveles de comprensión y generalización, camino a la consolidación de una ecología intelectual propia; una búsqueda que conlleva, no sólo la posibilidad de acoger criterios de *demarcación* respecto a la Alquimia y otros saberes, sino también, la pretensión de ser un campo independiente respecto a la Física.

En consonancia con Bertomeu y García (2006), en los siglos XVII y XVIII, los manuales escritos para enseñar Química se constituyen en el registro histórico y en la principal fuente para el conocimiento sobre los problemas, ideales explicativos, presupuestos teóricos y técnicas experimentales que les son propias a los investigadores de la época. Se trata de textos ligados con las cátedras ofrecidas a estudiantes de Medicina, Farmacéutica y, en general, al público interesado en aprender las nuevas ciencias y sus aplicaciones; por tanto, no es una enseñanza restringida a los *iniciados*. Así mismo, con el uso del manual se impone un modelo en el cual las lecciones son dictadas por un profesor titular y apoyadas por un experto demostrador, quien, generalmente, es un farmacéutico. Además de la relación entre práctica y teoría, se evidencia una fuerte concordancia entre la producción de conocimiento científico y la producción de textos para la enseñanza de la disciplina.⁹⁷

Al respecto, se destacan los trabajos de Nicolás Lemery, profesor en el *Jardin du Roi* y legatario de las cátedras de dos ilustres profesores e investigadores, Nicaise Le Febvre (1615-1669) y Christophe Glaser (1615-1672), también autores de libros de textos de Química, reeditados y traducidos a varias lenguas; Lemery es autor de un

⁹⁷ Además de la diferencia con la Alquimia, llama la atención la consideración que hacen Latour y Woolgar (1995), cuando anotan que solamente los enunciados científicos revestidos del carácter de verdad incuestionable, convertidos en *hechos*, son los que se registran en los libros de texto para la enseñanza.

importante texto, *Cours de Chymie*, presentado a la *Académie des Sciences* de París⁹⁸ en 1675; seguidor de las ideas mecanicistas de Newton y de los aportes de Gassendi respecto a la Teoría Atómica. Propone una idea operativa y empirista respecto a las sustancias elementales o principios, no obstante, presenta interpretaciones de los fenómenos químicos en las cuales dichos presupuestos se entrelazan con las ideas de Aristóteles, de Paracelso y con explicaciones del atomismo mecanicista.

El texto de Lemery, referente de la popularidad de la Química en la época, presenta un buen número de experiencias de laboratorio, recetas y productos que forman parte del acervo de conocimientos químicos; así mismo, da cuenta de investigaciones que se realizan en el *Jardin du Roi* y la *Académie des Sciences* de París; trabajos que versan sobre análisis de materiales vegetales, la formación de sales mediante ácido y bases, y asuntos relacionados con la afinidad. Es de resaltar que este libro desvela las limitaciones en las explicaciones sobre la composición de los cuerpos, la heterogeneidad del vocabulario químico y la carencia de interpretaciones satisfactorias de las transformaciones químicas (Bertomeu y García, 2006).

Al hablar de las investigaciones de los químicos de la época, es de destacar que en la búsqueda de los principios inmediatos mediante análisis de plantas, además de la destilación por calentamiento con fuego y, con la pretensión de lograr la extracción no destructiva de sustancias presentes en los vegetales, algunos investigadores acuden al *análisis inmediato* con el uso de disolventes como el agua y el alcohol. A estos análisis se suman, en la Química, los estudios de las sales, sustancias que incluyen los que hoy son ácidos y álcalis, así como, los compuestos de ambos. A este último grupo Homberg (1652-1718) lo llama, igual que Lemery, *sales medias* o *sales mixtas* y, más tarde, *sales neutras*; concepto quede acuerdo con Bertomeu y García (2006), representa la plasmación de la nueva noción de composición química que se abre camino en el siglo XVIII.

Podemos decir que la definición de sal media de Homberg, en la cual se acepta que una sustancia puede estar presente en un compuesto sin que sus propiedades se manifiesten en el mismo, es una idea que permite pasar de la noción tradicional de

⁹⁸ Creada en 1666, a la que pertenecen D'Alembert, Buffon, Reáumur, Condorcet, Laplace, entre otros; y, más adelante, Lavoisier, que llega a ser su presidente. La *Académie des Sciences*, también se ocupa de problemas científicos y técnicos que, en la época, son de interés para el gobierno.

composición química – según la cual las propiedades de un compuesto como su volatilidad, inflamabilidad y fluidez se explican por la naturaleza de sus principios constituyentes, portadores de las mismas –, al considerar que dos sustancias muy diferentes, como ácidos y bases, pueden integrar un compuesto cuyas propiedades no tienen relación directa con las de sus componentes. Aquí, a la noción tradicional *elemento* o *principio químico*, se opone la noción *componentes* de las sales, *sustancias tangibles* perfectamente reconocibles en los laboratorios por sus propiedades y que pueden obtenerse mediante análisis o combinarse adecuadamente para producirlas de nuevo.

Como lo señalan Bertomeu y García (2006), la noción *sal media* permite avanzar en la diferenciación de distintos tipos de álcalis, ácidos y sales; agrupar las sales que están formadas por las mismas bases y, principalmente, se constituye en una de las claves organizativas para la creación de las tablas de afinidad, como la que presentamos en la figura 4.8. De acuerdo con estos historiadores, la noción *afinidad*, ya utilizada en textos de Alquimia, fue retomada y difundida en el siglo XVIII a través de dichas tablas de afinidad que podrían estar relacionadas con el texto *Optiks* de Newton, quien estudia y explica los procesos químicos como resultado de la atracción entre partículas de los cuerpos.

En este orden de planteamientos, es posible decir que las investigaciones realizadas por los químicos de las academias de ciencias, así como el conocimiento práctico de los boticarios y metalúrgicos, se constituyen en la base para la elaboración de tablas como las de Étienne-François Geoffroy⁹⁹ (1645-1715), presentada en la figura 4.8, y las de Torbern Bergman (1735-1784) las cuales, más que la introducción de conceptos como composición, descomposición y *compuestos químicos*, conceptos corrientes en la época, contribuyen a consolidar clasificaciones de las *sustancias* con base en interpretaciones del análisis químico y, con ello, a priorizar significados modernos de dichos conceptos.

⁹⁹ De acuerdo con Klein (citado en Furió-Mas & Domínguez-Sales, 2007), Geoffroy diferenció empíricamente entre mezcla y compuesto químico, contribuyendo así a la definición operacional de compuesto químico como cuerpo que tiene un conjunto de propiedades químicas características susceptibles de contrastación empírica.

considera que los cuerpos químicos en sí mismos son inertes, desprovistos de cualquier propiedad específica.

Es posible decir que+como Macquer, en general los químicos se decantan por la defensa de las propiedades intrínsecas de los cuerpos, las que consideran diferentes a las propiedades *externas* o relacionadas con los vínculos de vecindad entre los corpúsculos que conforman los agregados y que pueden variar, sin que se transforme la naturaleza de los primeros. En otras palabras, a los químicos les interesan las cualidades internas que califican realmente a un cuerpo y le otorgan su condición como tal; es decir, les interesan las cualidades inherentes a los corpúsculos, aquello que hace que el agua sea agua y el oro sea oro (Stengers, 1991).

En coherencia con lo anterior, además de Macquer, Venel plantea que la naturaleza de los agregados, objeto de la Física, se diferencia de las *mezclas* en tanto éstas son el *nodo* en el cual confluyen los principios de los corpúsculos para producir un resultado homogéneo a partir de algo heterogéneo. La diferencia entre *agregados* y *mezclas* es aceptada en general por todos los químicos, incluyendo, por ejemplo, a Bergman y Morveau, quienes pretendían interpretar la afinidad a través del mismo tipo de fuerzas que permiten explicar los agregados (Stengers 1991) En este punto, conviene aclarar que aquí la mezcla, a diferencia del significado actual, hace referencia a los procesos de combinación química de los *constituyentes* para formar lo que hoy consideramos un *compuesto*.

De acuerdo con I. Stengers (1991), con el apoyo de saberes artesanales y prácticos, la afinidad es considerada como una propiedad intrínseca; significado al que subyace la suposición que: si se hace abstracción de los obstáculos físicos determinados por el agregado, la elección de un cuerpo por parte de otro, a expensas de un tercero, corresponde a una reacción completa; es decir, que esta elección corresponde a la ley del *todo o nada*. Para quienes defienden esta postura, la reacción química tiene siempre una dirección o sentido definido por esta afinidad, aunque reconocen que este sentido puede ser propiciado u obstaculizado por condiciones o circunstancias físicas como el estado de desagregación o la disolución.

En contraposición, otros estudios muestran que dicha suposición se muestra errada en varias reacciones anómalas en las cuales ciertos factores físicos interfieren la

afinidad química a tal punto que impiden que la reacción sea completa y, en algunos casos, hacen que ocurra en sentido *equivocado*. Al respecto, Claude Louis Berthollet, al tiempo que acoge y divulga la interpretación newtoniana de la afinidad, pone en entredicho la suposición que implica la ley del todo o nada y considera que las reacciones incompletas son la regla y no la excepción (Stengers, 1991), consideración que lo lleva a pronunciarse en forma contundente contra la ley de las proporciones definidas, ley endilgada a Luis Proust, aunque realmente bien conocida y acogida en la época en la que se plantea la conocida controversia Proust/Berthollet –finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX.

Basándonos en expuesto hasta ahora, podemos decir que los estudios en Medicina, Metalurgia y Farmacéutica, entre otros, junto con el impulso a las técnicas analíticas, hacen posible la consolidación de significados y procesos característicos de la Química Moderna. Sin embargo, desde otro punto de vista, Lavoisier señala la presencia de enormes dificultades en relación con el complejo devenir de los conocimientos hacia la construcción de esta cultura científica.

Así, en la introducción que hace Gago del *Tratado elemental de Química* de Lavoisier, nos recuerda que incluso hacia la segunda mitad del siglo XVIII, la Química es una de las ciencias cuyo reflejo en la gran obra de la Ilustración, *L'Encyclopédie* (1751), parece menos brillante, dado que desde su punto de vista, los químicos de la época no consiguen crear un sistema teórico basado en el método experimental, ni elaborar un lenguaje metódico, preciso y eficaz como instrumento de comunicación.¹⁰¹ Estos son los desafíos que explicita el propio Lavoisier para catapultar sus investigaciones.

En relación con las indagaciones sobre la composición de los cuerpos, es posible decir que en el siglo XVIII, en medio del auge de las tablas de afinidad y de las disputas respecto a la versión newtoniana de las mismas, permanecen vigentes las indagaciones acerca de los *principios* constituyentes. En esta línea, destacamos un principio clave que da el nombre a una importante perspectiva teórica, centro de duras críticas, cuestionamientos y, finalmente, objeto de refutación por parte de A. Lavosier: la Teoría del Flogisto. En las páginas siguientes mostramos que contrario a la subvaloración que

¹⁰¹ Hay aquí una clara coincidencia con los asuntos problemáticos que señala Lemery en su texto de Química.

se le ha dado tradicionalmente, éste es un modelo explicativo que intenta dar luces, no sólo sobre la composición de los cuerpos, sino que alude también a la relación que guarda ésta con la ocurrencia de fenómenos como la combustión, la calcinación, la putrefacción y la respiración.

4.7 El flogisto: alcance explicativo y limitaciones en relación con procesos de composición y descomposición

Con base en importantes estudios históricos, Bensaude-Vincent (1991)¹⁰² plantea que la Teoría del Flogisto es el primer sistema químico adoptado en toda Europa. Un sistema que permite interpretar fenómenos tan diversos como la formación de sales, la calcinación de metales y la combustión; al cual le subyace una filosofía corpuscular, aunque opuesta al mecanicismo, en tanto, no acepta la idea de una materia única y uniforme; filosofía desde la cual se propone una escala de complejidad creciente en relación con la estructura de la materia – de los supercompuestos a los átomos –y otorga un lugar privilegiado a los cuatro elementos aristotélicos en la interpretación de las propiedades y las reacciones químicas.

Como lo hemos anotado, J. Macquer alude explícitamente a la innegable fuerza de esta concepción aristotélica y la relaciona con su propuesta sobre los niveles de composición de los cuerpos (citado en Bensaude-Vincent (1991). Al respecto, encontramos un trabajo que antecede al de este investigador; el de Joachim Becher, quien en su texto de 1669, *Physica subterranea*, editado en 1703 por George Ernst Stahl, con base en una versión particular de la teoría de los cuatro elementos,¹⁰³ defiende que los verdaderos elementos de los cuerpos deben ser investigados mediante el análisis y, en coherencia, propone una clasificación basada en un orden creciente de composición (Bertomeu & García, 2006).

Para Becher, según Bertomeu y García (2006), los componentes inmediatos de los cuerpos minerales son tres diferentes tipos de tierras, cada una de ellas portadora de la

¹⁰² Al respecto cita los trabajos de Pierre Duhem, Émile Meyerson y, especialmente, Héléne Metzger.

¹⁰³ En la cual el papel fundamental estaba reservado a la tierra y al agua; para él, tanto animales como vegetales y minerales, estaban formados por mezclas de agua y tierra, mientras que el fuego y el aire eran considerados como simples agentes de las transformaciones.

propiedad de adquirir: un aspecto vítreo, un carácter combustible o un aspecto fluido o volátil. Es particularmente importante la que denominó *terra pinguis*, portadora del principio de la inflamabilidad, también denominada "tierra grasa", "tierra oleaginosa" o "azufre flogisto". Es este término, *flogisto*, el que posteriormente es usado por Stahl en lo que hoy conocemos como *Teoría del Flogisto*.

De acuerdo con Llorens, J. (1991), las ideas paracelsianas de Becher, quien admite tres tipos de tierras –vítrea, grasa y fluida –, relacionadas con sal, azufre y mercurio; respectivamente, correspondientes a la *substancialización* de la rigidez, la inflamabilidad y la densidad y brillo metálico, se constituyen en la fuente teórica para los estudios de Georg Ernst Stahl (1660-1734) sobre la combustión y la fermentación; fenómenos que Stahl identifica con la producción de un mismo principio, el principio de inflamabilidad o flogisto; de manera que desde su punto de vista, éste se transfiere, por ejemplo, de un metal al aire en los procesos de calcinación; y, a la inversa, pasa del carbón –rico en flogisto– a la cal, cuando ésta se calienta para obtener el metal. En el mismo sentido, considera que este principio grasoso, sulfúreo o ígneo, forma parte de las sustancias combustibles de modo que, al desprenderse, da lugar a un movimiento que origina el calor y el fuego que se observan en la combustión.

Stahl estudia también la fermentación, un proceso de gran interés industrial para la época, relacionado con la producción de bebidas alcohólicas y, al respecto, considera que fermentación y combustión son operaciones con características semejantes, en las que se produce desprendimiento del flogisto. En este sentido, concordamos con Llorens (1991) cuando dice que la contribución de esta teoría es relacionar procesos como la combustión, la fermentación y la calcinación de metales con un único modelo explicativo; además de resaltar como su rasgo más interesante, el proporcionar un principio general basado en la transferencia, que de alguna manera, lo hacen precursor del concepto óxido-reducción. Así mismo, es de resaltar el respaldo que recibe esta idea, entre otros, por Geoffroy,¹⁰⁴ quien facilita su divulgación y acogida en Francia, la que se suma a la fuerte aceptación con la que ya cuenta en Alemania e Inglaterra.

¹⁰⁴ Geoffroy, quien de acuerdo con Klein (citado en Furió-Mas & Domínguez-Sales, 2007), diferencia empíricamente entre mezcla y compuesto químico, contribuyendo así a la definición operacional de compuesto químico, al tiempo que propone sistematizar estos últimos con base en sus *afinidades químicas*; acepta las ideas de Stahl y, al respecto, considera, por ejemplo, que el carbón restituye a las cales el único principio que les falta –el principio sulfúreo– para obtener su calidad de metales.

Es posible destacar que la Teoría del Flogisto se muestra compatible con la concepción corpuscular de la materia y con la visión newtoniana de los fenómenos físicos y químicos, interpretando la transferencia de flogisto a partir de fuerzas atractivas entre éste y los otros principios. Su poder se extiende a la posibilidad de explicar hechos experimentales como las reacciones entre ácidos y metales; así como, el desplazamiento del metal de una sal disuelta, por otro metal, lo que es interpretado como transferencia de flogisto desde el metal agregado al que se haya previamente *disuelto*. Así mismo, la teoría de Stahl tiene gran influencia en uno de los programas más importantes del siglo XVIII, el estudio químico de los fluidos elásticos o gases, campo desde el cual posteriormente afronta duros cuestionamientos.

Es de resaltar que la consistencia teórica y el alcance explicativo de la Teoría del Flogisto se mantienen por mucho tiempo, aunque con el uso generalizado de la balanza y el registro de datos cuantitativos se detecta el aumento de masa en la calcinación de metales, un hecho que podría poner a tambalear la validez de la teoría; sin embargo, no ocurre así; situación que es explicable si se tiene en cuenta que para la época hay confusión sobre si es la masa o es el volumen la medida de la cantidad de materia (Izquierdo, citada en Llorens, 1991). Sin embargo, es posible decir que es la ampliación de este alcance explicativo lo que va minando su consistencia y pone de manifiesto sus contradicciones internas; así, por ejemplo, la identificación del flogisto con el *aire inflamable* o hidrógeno, que apoya la interpretación de las reacciones de los ácidos con metales, no es consistente con las reacciones de combustión y calcinación de estos últimos.

En resumen, podemos decir que la teoría de Stahl interpreta la calcinación como una descomposición con desprendimiento de flogisto, no como unión de sustancias –interpretación actual–. De la misma manera, su explicación de la reducción de cales en metales como adición de flogisto, es opuesta a la vigente –descomposición de la cal en oxígeno y metal–. No obstante, la combustión, la calcinación, la respiración y la fermentación reciben en esta teoría una interpretación común y, en muchos aspectos, coherente; interpretación que sólo se quebrará con los resultados de investigaciones como las realizadas en el campo de la Neumática que desvelan serios cuestionamientos al flogisto y que culminarán en una oposición a esta interpretación, especialmente, con las investigaciones de Antoine Lavoisier.

4.8 **Entre aire, tierra, agua y fuego: nuevos estatutos ontológicos y procesos epistemológicos –más allá de las diferencias entre materia corpórea y materia rara–**

En el ámbito de lo que hemos llamado condiciones de posibilidad de la Química Moderna, es importante destacar, en relación con el campo de la Neumática, que enlazados con los trabajos de Juan Bautista Van Helmont (1577-1644) y de Robert Boyle (1627-1691) varios investigadores, especialmente británicos, se dedican en los siglos XVII y XVIII al estudio de lo que denominarán indistintamente: *aires*, *especies de aires*, *fluidos elásticos* o *emanaciones elásticas*; estudios que de acuerdo con Bertomeu y García (2006), permiten la transición de la noción *aire* como sustancia elemental, a la idea de que existen diversos tipos de aires en la atmósfera, es decir, hacia una nueva visión del estado gaseoso.

Al respecto, es de destacar que aquí confluyen investigaciones de campos tan diversos como: el de los estudios sobre la pólvora y la artillería; las investigaciones en laboratorio sobre sales metálicas y, en Medicina, las búsquedas de comprensión de procesos como la digestión, la fermentación y la putrefacción; la posibilidad de obtener medicamentos como aguas mineralizadas y, de manera especial, los problemas relacionados con la pureza del aire y sus efectos en la salud. En estos estudios cobra especial significado el uso de la *balanza*, un aparato que aunque ya existía en los laboratorios, “(...) con Lavoisier se convierte en el juez supremo de debates teóricos, en el marco de un programa metódico de investigación” (Bensaude-Vincent, 1991, p. 416).

En este ámbito de estudios, con Bensaude-Vincent (1991) destacamos los aportes de Hales respecto a la eliminación de algunas *impurezas* del aire, considerado elemento, mediante el uso del recolector denominado *cuba neumática* o *medidor de gases*. Posteriormente, Joseph Black avanza en la identificación de diversos tipos de aires como el *aire fijo*, al que define y describe como una especie particular de aire que se encuentra disperso en la atmósfera en forma de polvo sumamente sutil o de forma de fluido elástico. Por su parte, Henry Cavendish, se centra en los *aires ficticios* u obtenidos de cuerpos en estado no elástico; al respecto se refiere, de un lado, al *aire inflamable*, obtenido por combinación de metales y ácidos; de otro, al *aire fijo* que

procede de la combinación de ácidos y álcalis y, finalmente, a los aires obtenidos de vegetales y animales por fermentación, putrefacción o destilación.

La identificación de estos diversos tipos de aires es refinada por los experimentos analíticos de Joseph Priestley, investigador reconocido por su pericia experimental, quien trabaja, entre otros asuntos, en la preparación y usos del *aire fijo*, así como, con el *aire viciado* y sus relaciones con procesos de putrefacción, combustión y respiración; en este ámbito, realiza la medición de la *calidad del aire* mediante el uso del *aire nitroso*, al mezclar este último con el aire común y observar, primero, la formación de humos rojos y, luego, la contracción del volumen total, la que encuentra proporcional a la calidad del aire. Por otra parte, de la descomposición de la cal de mercurio obtiene el denominado *aire desflogisticado* o aire que recibe flogisto hasta saturarse, relacionándolo con la respiración y la combustión (Bensaude-Vincent, 1991). Aire al cual, Lavoisier denominará *aire respirable* y, posteriormente, *gas oxígeno*.

De acuerdo con Bertomeu y García (2006), un trabajo especialmente significativo – debido a que confluyen en él análisis que tienen que ver con diferentes tipos de aire, con la composición de los cuerpos y con el flogisto – es el estudio de la transformación del óxido de mercurio para la obtención del metal, un proceso que en general es explicado con base en el paso de flogisto desde el carbono al metal; no obstante, al experimentar el calentamiento con y sin carbón, Pierre Bayen pone a tambalear la existencia de tal principio, aunque inicialmente su planteamiento es refutado por G. de Morveau, quien insiste en aludir al *fuego* que atraviesa las paredes del recipiente.

Al respecto, en la época es común considerar que fuego, luz y electricidad pueden actuar como flogisto. No obstante, Macquer cuestiona que se requiera flogisto para volver a obtener mercurio a partir del precipitado rojo y, sin darse cuenta, desvela la duda que se plantea sobre esta teoría; duda que lleva a la Academia a crear una comisión de investigadores para dirimir estos asuntos Bertomeu y García (2006). Es en esta crucial cuestión que situamos algunos importantes trabajos de A. Lavoisier.

Lavoisier investiga sobre el precipitado rojo de mercurio e, inicialmente, considera que éste se forma por la combinación del mercurio con aire fijo al hacer la reducción por calentamiento mediante carbón; sin embargo, en sus ensayos encuentra que al calentar la cal de mercurio sin carbón obtiene un fluido que no precipita el agua de cal y

no apaga las velas, al que denomina *aire común*; el que además, por acción del carbón se transforma en aire fijo.

Respecto a estos hallazgos, Lavoisier presenta a la Academia en 1775, su trabajo: *Memoria sobre la naturaleza del principio que se combina con los metales durante su calcinación y aumenta su peso*; y en el mismo año es publicada en la Revista *Observations sur la Physique*, versión en la cual concluye que el precipitado rojo de mercurio es una verdadera cal metálica y que el aire que se obtiene por su calentamiento en ausencia de carbón es “aire atmosférico muy puro” al cual más tarde dará el nombre de “aire eminentemente respirable” (Gago en Lavoisier, 1982).

Como nos lo recuerdan Bertomeu y García (2006), aunque varios investigadores trabajaron en la obtención de *oxígeno*, es Lavoisier quien acuña este término, que significa “engendrador de ácidos”; significado que relaciona explícitamente con sus experimentos con el fósforo, el azufre y el aire nitroso, los que lo llevan a considerar que los ácidos se producen gracias a la absorción de una “cantidad considerable de aire” y, además, que es la “porción más pura del aire” la que entra en la “composición de todos los ácidos sin excepción”.

De este modo sienta su teoría sobre la acidez, al tiempo que plantea que el aire no es una sustancia simple, debido a que está formado por una parte respirable y por otra sin esta propiedad, incapaz de mantener la respiración y la combustión; parte a la que denominó *mofeta* – nitrógeno – . Contrario a la Teoría del Flogisto, reconoce el papel activo del aire en procesos como la combustión y la calcinación.

Lavoisier articula estos trabajos con indagaciones sobre formación o síntesis del *agua pura* – experimento ya realizado por Cavendish¹⁰⁵ al hacer reaccionar *aire inflamable* con *aire puro* o *desflogisticado* – y, posteriormente, hace estudios sobre descomposición de la misma con sofisticados aparatos y cálculos muy precisos, lo que le permite concluir acerca de la composición del agua y renombrar el *gas inflamable* como *hidrógeno*, es decir, *productor de agua*. Es de anotar que en trabajos anteriores, con base en la ley de conservación de la masa, este investigador desmiente la transmutación del agua en tierra, concluyendo que los residuos terrosos que se obtienen

¹⁰⁵ Contrario a las explicaciones que elabora Lavoisier respecto a la síntesis y composición del agua, con un razonamiento que hoy nos resulta complejo, para Cavendish, el *aire inflamable* es agua más flogisto y el *aire desflogisticado* es agua más calor. Agua sustancia simple.

después de la destilación del agua, sólo se deben al vidrio del recipiente utilizado (Lavoisier, 1982).

En relación con el proceso de obtención de metales a partir del gas inflamable y las cales respectivas; en contra de los que ven en estos procesos el paso de flogisto desde el aire inflamable a la cal, Lavoisier considera que la cal –un compuesto de metal y aire vital– al reaccionar con aire inflamable, forma metal y agua –un compuesto de aire vital y aire inflamable–. Así mismo, el aumento de peso en el proceso de formación de cales, lo lleva a considerar que hay una ganancia de algo y no una pérdida, como lo sugiere Stahl. En coherencia con sus trabajos sobre la falsa transmutación del agua, concluye que la materia de fuego no produce en estos procesos tal aumento y que en el caso de la calcinación, el aumento de peso se corresponde con la cantidad de aire que toma el metal para transformarse en cal (Lavoisier, 1982).

Lo anterior lleva a Lavoisier a tomar postura explícita contra el flogisto, en una dura controversia con J. Priestley; asunto que para Bertomeu y García (2006) quizá se debe a la formación, a las condiciones de trabajo, a los intereses científicos y a las prácticas experimentales. Lavoisier reconoce que los “mismos hechos” los llevan a “consecuencias diametralmente opuestas”. Por su parte, Priestley sugiere que la imposibilidad de repetir los experimentos de Lavoisier, dado el enorme costo de los sofisticados equipos, siembra duda en sus conclusiones. Finalmente, se imponen las propuestas explicativas de Lavoisier e, indudablemente, con sus trabajos la Química toma gran impulso.

A la teoría que Lavoisier propone sobre la acidez y, por ende, a sus consideraciones sobre el papel del *aire eminentemente respirable* en procesos como la combustión, la calcinación y la respiración, van relacionadas sus explicaciones sobre el *calor* y sobre el estado gaseoso. Desde su punto de vista, la *materia del calor* o *calórico* es un fluido omnipresente que rodea a todos los cuerpos; algunas veces con intensidad perceptible por los sentidos y medible en el termómetro y, otras, sólo latente; además, considera que ésta es una materia estrechamente relacionada con la formación de fluidos elásticos aeriformes; y, en consecuencia, plantea una descripción que evoca la del flogisto:

(...) un fluido muy sutil que penetra, al parecer sin excepción a todos los cuerpos, (...) al que llamaré fluido ígneo, materia de fuego, del calor y de la luz, tiende a ponerse en equilibrio con todos los cuerpos, pero sin

penetrarlos a todos con igual facilidad; en fin, existe tanto en estado de libertad como en forma fija, y combinada con los cuerpos (Lavoisier, 1982, p. XXXII).

De sus experiencias deduce que esta materia del calor que tiende a evaporar los líquidos se relaciona, a su vez, con la fuerza de atracción entre las moléculas y con la presión atmosférica que impide tal evaporación. Considera que el *calórico*, las *fuerzas de atracción* y la *presión atmosférica* son los tres factores responsables del estado sólido, líquido o fluido elástico de un cuerpo dado. Desde esta perspectiva, afirma que el aire eminentemente respirable o aire puro, al que denomina *gas oxígeno*, es un cuerpo compuesto formado por dos sustancias simples o elementos: la *materia del calor* y una *base*, lo que constituye el *principio oxigine*; consideración que lo lleva a explicar el calor sensible como calor liberado cuando la base de este gas es atraída con mayor afinidad por otra sustancia determinada.

En este mismo ámbito de estudios, con el rigor experimental que lo caracteriza y coherente con sus ideales de racionalizar la Química con la introducción de modelos matemáticos, es importante reconocer el trabajo que en torno al calor realiza en compañía del gran matemático Laplace. En estas investigaciones, estudian el flujo de calórico en los cambios de estado y, con base en el *calorímetro*, puede medir, además de la intensidad, la cantidad de calor implicada en un determinado proceso. Mediciones, que alejan al calórico de su semejanza con el flogisto, en tanto, este último, alude a una hipótesis más apriorística.

Con el justo reconocimiento a los investigadores que en los siglos XVII y XVIII, logran allanar el camino hacia la consolidación de la Química como campo disciplinar, es también justo resaltar en la obra de Lavoisier sus enormes esfuerzos por crear un sistema teórico basado en el método experimental, articulado al razonamiento y al cálculo matemático. Es por esto que además de lo ya anotado, en lo que sigue nos ocupamos de resaltar algunas de sus ideas, especialmente, las incluidas en su principal texto para la enseñanza: *Tratado elemental de Química*, documento que nos permite un mejor acercamiento a sus aportes científicos y a sus posturas epistemológicas.

4.9 El álgebra en la Química: el significado operativo de sustancia simple, la primacía de los hechos y su relación con el lenguaje

Permeado por su amplia formación en diversos campos científicos y por el ambiente intelectual de la época, adverso al escolasticismo, Lavoisier toma postura crítica y denuncia lo que considera el estado de atraso en el campo de la Química, tanto en el ámbito teórico como lingüístico; atraso que para él se ve reflejado especialmente en la enseñanza. Le preocupa que alejados del rigor del razonamiento de los matemáticos y los físicos, quienes jamás aprueban una proposición sin haber demostrado la precedente, en Química se supone en vez de probar (Lavoisier, 1982).

Duro crítico de antecesores y contemporáneos, es propositivo y en sus diversos trabajos deja claro el rigor teórico y metodológico de investigaciones caracterizadas por estrictas mediciones, cálculos precisos y un cuidadoso uso de la balanza; criterios de científicidad que de acuerdo con sus colegas de la Academia, son indispensables en la práctica de esta ciencia. Aunque promulga la propiedad intelectual de la nueva Química, en sus palabras: “(...) esta teoría no es pues, como he oído decir, la teoría de los químicos franceses, es mi teoría, y es una propiedad que reclamo ante mis contemporáneos y para la posteridad” (Lavoisier citado en Bensaude-Vincent, 1991), su pertenencia a la Academia y sus propias investigaciones dan cuenta de un trabajo en equipo.

El trabajo de Lavoisier se enmarca en un período de grandes cambios en ámbitos como el sociopolítico y el intelectual. Es la época de la Ilustración y de la Revolución Francesa, se respira un espíritu libertario, se aboga por romper con las viejas ataduras impuestas como verdades fundamentalistas reveladas y vigentes por el peso de la autoridad; espíritu con el cual Lavoisier está fuertemente comprometido, se considera a sí mismo un revolucionario tanto en su trabajo científico como en sus tareas de orden político-administrativo; dos ámbitos profesionales que desempeña paralelamente con gran éxito y que de algún modo, infortunadamente contribuyen al desenlace fatal de su muerte prematura.

En relación con su trabajo científico en el campo de la Química, es posible decir que este investigador es heredero de un acervo cultural que como lo hemos descrito en este

trabajo, desde finales del siglo XVII presenta aspectos característicos de una ecología intelectual propia, en términos toulminianos. Es legatario de las controversias y los problemas inherentes a dicha ecología; no obstante, a diferencia de sus antecesores y de sus contemporáneos, se propone explícitamente romper con la tradición aristotélica en defensa de la interpretación basada en el análisis químico, esto es, trascender lo que considera especulaciones o razonamientos errados que llevan a conjeturas engañosas, para priorizar el valor de la experimentación.

Retomando anteriores reflexiones de este escrito, reiteramos que en clara oposición a Macquer y a otros contemporáneos quienes explícitamente muestran adhesión al enfoque aristotélico respecto a la composición de los cuerpos, Lavoisier afirma que:

(...) la manía que tenemos de que todos los cuerpos naturales se componen únicamente de tres o cuatro elementos, se debe a un prejuicio heredado de los filósofos griegos (...) Se carecía aún de hechos y por ello se creaban sistemas y hoy que los poseemos parece que nos empeñamos en rechazarlos cuando no se adaptan a nuestros prejuicios (...) aún se deja sentir el peso de la autoridad de los padres de la filosofía (1982, p.10).

En el mismo sentido, desde una perspectiva que catalogamos como de tendencia empirista, en tanto que prioriza el estatus de la experiencia en relación con el proceso de conocimiento, Lavoisier sostiene que

(...) para evitar estos desvaríos, el único medio consiste en suspender o, al menos, simplificar todo lo posible el razonamiento que por proceder de nosotros, solamente él puede engañarnos, en someterlo continuamente a la prueba de la experiencia, en no conservar más que los hechos que son datos de la naturaleza y no pueden equivocarnos, en no buscar la verdad más que en el encadenamiento natural de las experiencias y observaciones (1982, p. 8).

En coherencia con esta acogida a la epistemología empirista de Francis Bacon, Lavoisier expresa sus consideraciones sobre la relación entre experiencia, pensamiento y lenguaje, haciendo suyos los postulados de la Lógica del abate Condillac, quien desde una concepción sensualista, asigna un importante lugar al lenguaje en el conocimiento. Respecto a su adhesión a Condillac, Lavoisier nos dice que:

Él sentó que no pensamos más que con el auxilio de las palabras; que las lenguas son verdaderos método analíticos, que el Algebra más sencilla, más exacta y más adecuada en la forma de expresar su objeto, es a la vez una lengua y un método analítico; en fin que el arte de razonar no es más que una lengua bien hecha (Lavoisier, 1982, p.5).

Con base en este presupuesto fuertemente empirista, Lavoisier justifica plenamente lo que desde su propio punto de vista son dos empresas ineludibles: de un lado, la construcción de la nueva nomenclatura, empresa que comparte con algunos de sus contemporáneos; y, de otro, una perspectiva radicalmente diferente para la enseñanza de la Química, perspectiva plasmada en su texto *Tratado elemental de Química*.

A estas dos empresas alude explícitamente el autor en el discurso preliminar del *Traité Élémentaire de Chimie*, en el que reitera con vehemencia que tanto en este texto para la enseñanza, como en el trabajo sobre la nomenclatura química, *Méthode de Nomenclature Chimique* (Año), realizado en colaboración de sus colegas Morveau, Berthollet y Fourcroy, ha procurado mostrar como verdades que

(...) como las palabras son las que conservan y transmiten las ideas, resulta que no se puede perfeccionar la lengua sin perfeccionar la ciencia, ni la ciencia sin la lengua; y, por muy ciertos que fuesen los hechos y por muy justas que fuesen las ideas que originasen, sólo transmitirán impresiones falsas si carecen de expresiones exactas para nombrarlos [y agrega] (...) para aquel que se dispone a iniciar el estudio de las ciencias físicas, las ideas no deben ser más que una consecuencia, el resultado inmediato de una experiencia o una observación. (Lavoisier, 1982, p.6)

Fiel a los presupuestos de Condillac, resumidos en la figura 4.9, Lavoisier dice que no es posible aislar la ciencia de la nomenclatura y ésta de aquella, pues la ciencia está constituida por los hechos, las ideas que los evocan y las palabras que los expresan. En el mismo sentido, “(...) no deducir nada más allá de lo que muestran las experiencias y no suplir nunca lo que los hechos silencian”, es para este investigador una ley que no se debe transgredir.

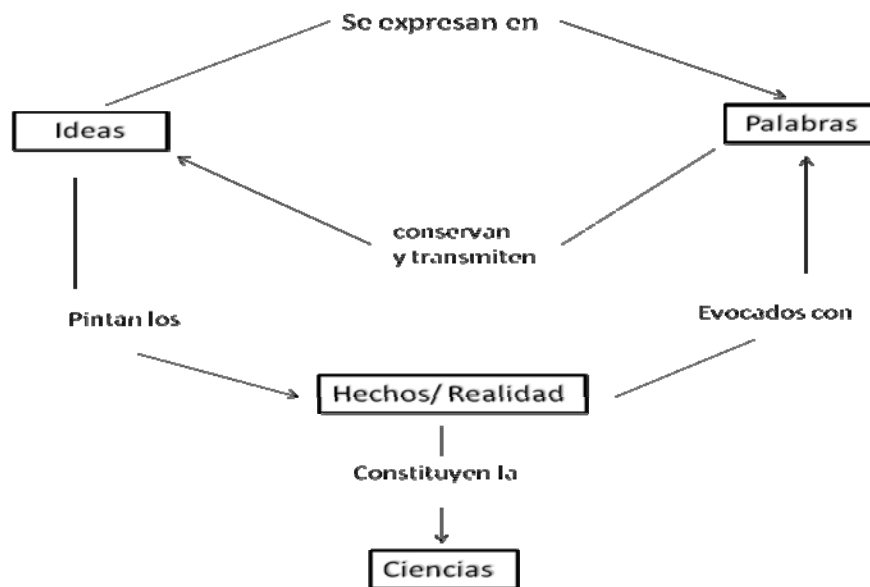


Figura 4.9 Con la añoranza del rigor matemático, Lavoisier sostiene una concepción sensualista en las relaciones de conocimiento

En coherencia con dicha ley, considera que las afinidades químicas o atracciones electivas, al igual que la alusión a los elementos o principios primeros, asuntos que siempre están presentes en los textos para la enseñanza, se excluyen intencionalmente del suyo. Desde su punto de vista, aunque la afinidad es la parte de la Química susceptible de llegar a ser ciencia exacta, carece aún de datos precisos y de la exactitud que la debe apoyar y, en consecuencia delega a su colega G. de Morveau, la posibilidad de completar estos estudios y hacer la divulgación de los mismos.

En relación con los elementos o principios, rechaza la concepción aristotélica, toma distancia del atomismo y se decanta por una postura analítica, afirmando que:

(...) todo lo que puede decirse sobre el número y naturaleza de los elementos se reduce, en mi opinión, a puras discusiones metafísicas (...) Me contentaré, pues, con decir, que si por el nombre de elementos queremos designar a las moléculas simples e indivisibles que componen los cuerpos, es probable que las ignoremos; pero si, por el contrario, unimos al nombre de elementos o principios de los cuerpos, la idea del último término al que se llega por vía analítica, entonces todas las sustancias que hasta ahora no hemos podido descomponer por cualquier medio serán para nosotros tantos elementos (...) debemos considerarlos cuerpos simples y no compuestos

hasta que la experiencia y la observación no demuestren lo contrario (Lavoisier, 1982, p.11).

Como lo hemos anotado, esta noción operativa y relativa sobre las sustancias simples, tiene hilos relacionales con las ideas de, por ejemplo, Boyle, Lemery y Macquer; no obstante, a diferencia de estos investigadores, Lavoisier va más allá, con la pretensión explícita de erradicar las ideas del sustancialismo aristotélico y con éste las ideas metafísicas. Ligados a esta pretensión se hallan sus trabajos sobre la construcción e implementación de un nuevo lenguaje para la Química, un campo en el cual tampoco es pionero, pero que apoya y proyecta de manera fecunda.

En este ámbito de discusiones, es importante anotar que como puede leerse en los trabajos de Macquer, Torbern Bergman y, especialmente, Guyton de Morveau, desde finales del siglo XVII, junto a la nueva noción *composición* basada en el análisis químico, como principal rasgo distintivo de los compuestos químicos, aparecen propuestas que buscan consagrar el uso de términos que reflejan la composición química de los cuerpos (Bertomeu & García, 2006).

En su tarea de introducir orden y sistematizar la nomenclatura química con base en la lógica de Condillac, que busca hallar coherencia entre las ideas y las palabras elegidas para expresarlas, Lavoisier retoma presupuestos ya conocidos y enunciados por algunos de sus colegas, especialmente por quienes comparten con él la autoría del *Méthode de Nomenclature Chimique*, presupuestos que aluden a la necesidad de que los nombres de las sustancias expresen la propiedad más general y característica de las mismas y, al respecto, propone cambiar los nombres que desde su punto de vista, implican ideas falsas o erróneas.

Además de la importante labor de introducir orden y sistematización por medio de clasificaciones con el establecimiento de una nueva nomenclatura, en clara alusión al aprendizaje, Lavoisier (1982) pretende aliviar la memoria de los principiantes, para quienes, dice, es difícil retener una palabra vacía de sentido y, añade, conviene acostumbrarles a no admitir palabras desligadas de ideas. Nos atrevemos a decir que aunque relacionadas con una perspectiva sensualista –es decir, empirista– sobre el conocimiento, subyacen aquí ideas propias de una propuesta de aprendizaje

significativo de la Química; además, habla de enseñar una Química elemental, es decir, sencilla, asequible a los aprendices.

Explícito en su propósito de llevar la Química por los senderos de la racionalidad y en su ideal de superar el dogmatismo escolástico y, con éste, las ideas metafísicas y las hipótesis apriorísticas, Lavoisier articula de manera coherente los postulados de la Lógica empirista de Condillac con algunos principios clave que guían su meticulosa metodología y sus estrictos cálculos matemáticos. En este sentido, siguiendo a Gago (en Lavoisier, 1982), consideramos que es, justamente, la introducción de una ley general de la naturaleza en la metodología de la Química, lo que le permite introducir cambios profundos en esta ciencia.

Se trata de la *Ley de Conservación de la masa*, asociada a un principio bien conocido por los filósofos griegos, el carácter duradero de la materia, expresado por Lucrecio (citado en Bensaude-Vincent, 1991), cuando dice que “nada nace de la nada, nada vuelve a la nada”. Como nos lo recuerda Gago (en Lavoisier, 1982), dicho principio es retomado por Bacon cuando afirma que “la cantidad de materia permanece inalterable, sin experimentar aumento o disminución”; y por E. Kant, quien caracteriza como juicio sintético del intelecto humano el que “las sustancias permanecen durante todas las metamorfosis de los fenómenos y que su cantidad no aumenta ni disminuye”.

A este milenar conocimiento del principio de conservación se asocia posteriormente una noción introducida por la mecánica newtoniana, la noción *masa* como medida de la cantidad de materia. En consecuencia, la *ley de Conservación de la masa* es bien conocida en el siglo XVIII, Lavoisier no es el padre de esta ley; no obstante, concordamos con Gago en que es justo reconocer que “(...) el mérito de Lavoisier consiste en particularizar para la Química este principio metodológico, en precisar la noción *sistema químico* y en determinar qué propiedad medible de la materia permanece invariable” (en Lavoisier, 1982, p. XLII). Al respecto, son elocuentes las palabras de Lavoisier cuando dice:

(...) se puede sentar como principio que en toda operación hay una cantidad igual de materia antes y después de la operación, que la cualidad y cantidad de los principios es la misma, y que no hay más que cambios y modificaciones. [Y más adelante precisa] (...) hay que suponer en todos los experimentos una verdadera igualdad o ecuación entre los principios del

cuerpo que se examina y los que se sacan por el análisis. Así, puesto que el mosto de uva da gas ácido carbónico y alcohol, puedo decir que mosto de uva = ácido carbónico + alcohol (Lavoisier, 1982, p.130).

Esta afirmación permite decir que basándose en la *ley de Conservación de la masa*, Lavoisier introduce el concepto *ecuación química*.

Los datos hallados en sus procesos experimentales de análisis y síntesis, teniendo como base la *ley de Conservación de la masa*, le permiten conocer las proporciones de los principios que entran en la composición de algunos cuerpos. Para el caso del azúcar nos dice,

Una larga serie de experiencias realizadas por vías diferentes, y que he repetido muchas veces, me ha enseñado que las proporciones de los principios que entran en la composición del azúcar son aproximadamente las siguientes: Hidrógeno 8, Oxígeno 64, Carbono 28, Total 100. [Aunque reconoce el carácter aproximado de las mediciones cuando dice que:] (...) aún falta mucho para que se pueda poner exactitud tan grande en este tipo de experiencias [tiene plena confianza en las conclusiones] (Lavoisier, 1982, p.130).

Al respecto podemos decir que articulada a la *ley de Conservación de la masa*, subyace a las consideraciones de Lavoisier, la *ley de Composición definida*, una ley que podemos ver estrechamente relacionada con los principios que rigen la nomenclatura. Es posible identificar que además de la relación entre la composición cualitativa de los cuerpos y los nombres –lo que se corresponde con los de los principios constituyentes–, son tenidos en cuenta aspectos de orden cuantitativo al sugerir que en la asignación de nombres para cuerpos compuestos que tienen como constituyentes los mismos principios, pero en diferentes proporciones, estas diferencias deben ser explicitadas en su denominación.

A modo de ejemplo, para ilustrar dice que a compuestos distintos corresponden nombres distintos, nos dice que “(...) en la mayor parte de los ácidos, los dos principios constituyentes, esto es, acidificante u acidificado, pueden existir en proporciones diferentes (...) hemos expresado los dos estados de acidez variando únicamente la terminación del nombre específico” (Lavoisier, 1982, p.13).

En síntesis, más allá de su pretensión de que la nueva nomenclatura permita corregir el uso de palabras que como *flor de zinc*, *manteca de arsénico* o *aceite de vitriolo*, resultan engañosas respecto al carácter que tienen las sustancias que con ellas se nombran –en estos casos, venenos violentos– pretende, además, que estas nuevas palabras, aunque parezcan duras y bárbaras, permitan evocar el género de combinación al cual pertenece la sustancia y, en consecuencia, sean fáciles de recordar y de uso habitual, en tanto, son palabras que reitera, van insertas en un sistema general razonado. En la búsqueda de altos niveles de racionalidad para la Química, a la Lógica empirista de Condillac, articula principios fundamentales: *ley de Conservación de la masa* y *ley de Composición definida*, lo que nos permite decir que con la nueva nomenclatura y las ecuaciones químicas Lavoisier consagra el uso del Álgebra en esta ciencia.

La noción Lavoisieriana *cuerpo simple*, está enmarcada en la culminación del análisis químico y lleva en sí misma un carácter negativo, relativo y provisional. Lavoisier da un lugar central al cuerpo simple, como culminación de la operación de análisis experimentales y como punto de partida, alfabeto, de la nomenclatura; en tanto que como él lo propone, el nombre de una sustancia es “espejo fiel de su composición”, es decir, imagen invertida del análisis efectuado en el laboratorio, más que simple léxico es un reflejo de las prácticas experimentales (Bensaude-Vincent, 1991).

Sobre estas cuestiones, Bensaude-Vincent plantea que Lavoisier rompe con la historia natural en tanto crea su objeto y fabrica su universo. Desde su punto de vista, este investigador, instaura en la Química la lógica binaria de los valores 0 y 1, compuesto y simple; así, “(...) crea una Química elemental, en los dos sentidos de la palabra: construida sobre la base de los elementos y extremadamente sencilla, accesible a los principiantes” (1991, p.427); pese a esto, la noción negativa de *elemento* como *indescomponible*, conlleva un ocultamiento de la posibilidad de individualizar los cuerpos simples y, como lo anotamos, aunque su discurso es explícito contra la Química de los principios, no logra romper con esta noción y ello se hace evidente, por ejemplo, en sus alusiones a los principios oxígeno y calórico.

El planteamiento anterior, de Bensaude-Vincent, no desdibuja el trabajo y los aportes de Lavoisier, además, nos interesa resaltar que en la búsqueda de lo elemental, la ambigüedad entre elemento y cuerpo simple y el cuestionamiento a la existencia de los átomos, permanecen vigentes problemas y cuestiones que promueven importantes

investigaciones e invaluable aporte a la Química. En este contexto, presentamos algunos aspectos del trabajo de Dimitri Ivanovich Mendeleiev, un siglo después de la Revolución Química, en un tejido de relaciones con los conceptos, ideales explicativos, procesos metodológicos y cánones de científicidad que enlazan su trabajo con la historia que le precede y con la Química de los albores del siglo XXI.

4.10 Elemento: un concepto que se constituye en nodo de una reelaboración de significados en el ámbito de un problema de enseñanza

Coincidente con el trabajo de Lavoisier, atado a problemas y discusiones disciplinares, así como a un fuerte interés por hacer de la Química un saber de fácil acceso a los aprendices, el trabajo de Dimitri Ivanovitch Mendeleiev se enmarca en las fuertes controversias de finales del siglo XIX; discusiones en torno a la existencia de los átomos, la naturaleza y el número de elementos químicos y, con ellos, un problema didáctico: el de superar la enseñanza centrada en la memorización de monografías, correspondiente a una creciente demografía de sustancias. En palabras de Bensaude-Vincent (1991), una urgencia pedagógica está en la base del principal aporte del investigador ruso a la Química, la *Tabla Periódica* de los elementos y, con ella, la *Ley Periódica*.

Es especialmente meritorio su trabajo en torno a las predicciones sobre la existencia y las propiedades de elementos químicos desconocidos para la época, con base en la clasificación periódica que propone para los elementos, según el orden de progresión de los pesos atómicos. Unido a su proyecto de clasificación está el empeño en defender la pluralidad de los elementos y la individualidad de sus características; asunto que lo lleva a combatir con vehemencia la hipótesis de Prout respecto al *protilo* y, con ello, a clarificar significados para evitar lo que él mismo denomina “confusiones en los términos de la filosofía química”. Precisa el significado dado al concepto central de sus elaboraciones, *elemento*, y establece las relaciones de significado con otros conceptos. En relación con estas precisiones dice que:

Un cuerpo simple es algo material, metal o metaloide, dotado de propiedades físicas o capaz de intervenir en reacciones químicas. A la expresión cuerpo ‘simple’, corresponde la idea de ‘molécula’ (...) Es menester reservar, sin embargo, el nombre de elemento para caracterizar las partículas materiales que forman los cuerpos simples y compuestos, y que determinan la forma en que se comportan desde el punto de vista físico y químico. La palabra ‘elemento’ evoca la idea de átomo (Mendeleiev en Bensaude-Vincent, 1991, p.516).

Aunque por un tiempo –escéptico respecto a la hipótesis atomista, después del Congreso de Karlsruhe en 1860–, Mendeleiev se adhiere a la *Ley de Avogadro* –*Gerhardt* y plantea que más allá de la existencia o no de los átomos, es importante establecer una diferencia entre los conceptos átomo y molécula y, al respecto, complementa los significados transcritos en el párrafo anterior al anotar que:

(...) llamamos partícula, partícula química o molécula, a la cantidad de sustancia que interviene en una reacción química, con otras moléculas y que en estado de vapor, ocupa el mismo volumen que dos partes en peso de hidrógeno (...) Los átomos son las cantidades más pequeñas, o las masas químicas indivisibles de los elementos, que forman las moléculas de los cuerpos simples y compuestos (Mendeleiev citado en Bensaude-Vincent 1991, p.511).

Como lo señala Bensaude-Vincent, a Mendeleiev le interesa profundizar en las relaciones entre la composición, las reacciones y las cualidades de los cuerpos simples y compuestos, por una parte, y las cualidades intrínsecas de los elementos, por otra, con el propósito de deducir del carácter ya conocido de un elemento, todas las propiedades de todas sus combinaciones.

En este orden de consideraciones y en el nodo de estas discusiones, la misma autora nos dice que Mendeleiev se propone clasificar los elementos y explicar el comportamiento de los cuerpos simples y compuestos, con base en los primeros. Concordamos con Bensaude-Vincent en que éste es un desafío que implica el alto nivel de abstracción inherente al significado que da Mendeleiev al concepto *elemento*, en contraposición al significado de sustancia simple, que está fuertemente atado a lo

tangible y concreto. Bensaude-Vincent, con base en las precisiones de Mendeleiev, dice que:

El cuerpo simple es una cosa concreta, con propiedades químicas y físicas determinadas por la experiencia. El elemento por su parte, no tiene existencia fenoménica, se encuentra siempre oculto en un cuerpo simple o compuesto, circula, se desplaza y se conserva en las reacciones químicas (...) es lo único previsible, porque viene definido por el lugar que ocupa en un entramado de relaciones (1991: 517).

Este asunto nos permite identificar una postura epistemológica explícita, la opción de trascender el realismo y adoptar un modelo explicativo que será la base de una sistematización racional que como lo dice la misma historiadora, sufrirá nuevas interpretaciones a la luz de las teorías atómicas contemporáneas.

Para Medeleiev es prioritario el hallazgo de *Ley Periódica*; desde su punto de vista, una ley universal e inviolable que le permitirá responder a la urgencia de sistematizar un corpus de conocimiento disperso. Si bien su hallazgo se concreta en la identificación de la relación de dependencia de las propiedades respecto al peso atómico, es interesante su planteamiento respecto a que

(...) la variación periódica de los cuerpos simples y compuestos, está subordinada a una ley de la naturaleza, pero, por lo menos su causa no puede aclararse actualmente. Es probable que ella resida en los principios fundamentales de la mecánica interna de los átomos y las moléculas (Mendeleiev en Linares, 2004, p.42).

De acuerdo con Linares (2004), el presentimiento de Medeleiev respecto a que en la estructura atómica reside la base de sus observaciones de cuerpos simples y compuestos, se ve realizado tanto en el replanteamiento de la *Ley Periódica*, como en que la tabla incentivó estudios sobre la estructura subatómica, que se constituyen en eje vertebral para la comprensión de las predicciones que hace Mendeleiev. Sin embargo, conviene señalar que a pesar de esta interesante cuestión, el carácter visionario de Mendeleiev no es tan claro cuando se trata de aceptar asuntos relacionados con la divisibilidad y trasmutación de los átomos (Bensaude-Vincent, 1991).

Como lo señala Bensaude-Vincent, en relación con fenómenos como los estudiados por los esposos Pierre y María Curie –las radiaciones– Mendeleiev rechaza de forma contundente explicaciones que incluyen, por ejemplo, la alusión a *granos de electricidad* o *electrones*; fiel a los principios de individualidad e inmutabilidad de los elementos, endilga a dichas explicaciones un carácter metafísico y una vuelta a la superstición. En palabras de esta historiadora, Mendeleiev “(...) no es pionero de la Química del siglo XX (...) no anticipa ni esboza sus progresos, (...) los combate con toda la fuerza y la lógica de la ciencia del siglo XIX” (1991, p. 506).

En correspondencia con lo dicho, conviene aclarar que con franqueza explícita, Mendeleiev pone en consideración sus hipótesis, no aspira a certezas absolutas. Dice, por ejemplo, respecto a sus ideas sobre el éter que “(...) si encierran un parte de la verdad natural que buscamos, mi esfuerzo no habrá sido vano, merecerá ser desarrollado, perfeccionado y corregido, y si mis principios de base resultan falsos, se evitará que otros cometan el mismo error”. Aferrado, como ya lo dijimos, a los principios y valores epistemológicos del siglo XIX, con una profunda convicción de la necesidad de combatir la Metafísica, deja un lugar para posibles refutaciones; no obstante, se muestra renuente para aceptar el sendero que toman las investigaciones que darán nuevas interpretaciones a su Tabla Periódica, es decir, a los estudios sobre la estructura subatómica.

Respecto a un punto nodal de nuestro trabajo, el concepto sustancia, sus relaciones de significado con otros conceptos y con diversos componentes de las ecologías intelectuales, como los principios epistemológicos, los valores y cánones de aceptación, entre otros, podemos decir que los aportes de Mendeleiev, –aunque enmarcados en creencias que hoy no compartimos– se constituyen en precisiones de alto valor para la comprensión de cuestiones inherentes a la Química. Son precisiones que posibilitan enfocar las transformaciones químicas y las reacciones como procesos que involucran cambios y permanencias, que requieren ser explicados en los ámbitos macro y micro, concreto y abstracto y que al mismo tiempo, implican comprender las relaciones entre entidades y representaciones.

Sin embargo, como lo señala Rita Linares (2004), a pesar de los méritos bien reconocidos, las precisiones de Mendeleiev, un siglo después de su divulgación, no son objeto explícito de enseñanza en los libros de texto; por el contrario, en ellos es común

hallar serias confusiones que se evidencian en el privilegio a definiciones del siglo XVIII, en las cuales se perpetúan perspectivas inscritas en marcos de corte positivista y, en algunos casos, cercanos al realismo ingenuo. Una perspectiva que hoy riñe con la posibilidad de comprender la ciencia en términos de los que Bachelard (1975) denomina una fábrica de fenómenos, es decir, alejada de la posibilidad de entender las ciencias como campos que como los muestran Latour y Woolgar (1995), se constituyen en una permanente posibilidad de *construcción de hechos científicos*.

Como lo anotamos, con el trabajo de Mendeleiev se inaugura la fructificación de investigaciones en torno a la comprensión de las características periódicas de los elementos y sus relaciones con la estructura atómica, en un mundo marcado por las reificaciones, alejado de lo real tangible, siempre referido a la permanente construcción de representaciones, significados y realidades, más allá de lo estrictamente experimental y, no por ello, perteneciente al ámbito de lo metafísico o especulativo.

Con Toulmin diremos que las ciencias siempre construyen representaciones y que como tales, por muy pertinentes y adecuadas que nos parezcan –como en el caso del flogisto, el éter o el calórico– en su devenir pueden llegar a perder su poder explicativo, por lo que es necesario mantener la disposición al pensamiento crítico y a la incertidumbre, así como, la apertura a los posibles cambios, avances, retrocesos, refutaciones, rupturas, continuidades, discontinuidades.

4.11 A modo de cierre conclusivo respecto a nuestra aproximación al devenir de sustancia

En palabras de Bachelard “(...) al seguir la Física contemporánea, nos hemos alejado de la *naturaleza*, para entrar en una fábrica de fenómenos” (1975, p.17) y, en este sentido, es importante reconocer las profundas diferencias que en los ámbitos ontológico y epistemológico, separan los trabajos de los alquimistas y los de quienes hoy investigan, por ejemplo, en el campo de la Química Farmacéutica o de la Química de Productos Naturales.

No obstante, es posible identificar en la búsqueda de los llamados *principios activos*, investigaciones que conducen a la *construcción* de dichos principios por síntesis químicas *artificiales*, por lo que parece prioritario, para algunos científicos,¹⁰⁶ el interés de *arrancar* a la naturaleza sus secretos por medio de complejos procesos de *purificación* con la mediación de sofisticados tecnoconstructos.

En esta línea, conviene preguntar acerca de las diferencias y posibles puntos de encuentro entre: la obtención de *principios activos* y la síntesis de *análogos químicos* en la Química Contemporánea; la búsqueda de los *principios* o *substancias primeras* en la ciencia de la Antigua Grecia; la *purificación* y la *transmutación* de las que habla el alquimista;¹⁰⁷ y, por ejemplo, el *descubrimiento* del carácter no *elemental* del *aire* y el *agua*, en la perspectiva lavoisieriana. También es importante indagar los significados y el carácter ontológico que han tenido en su devenir algunos de los denominados, en distintos momentos: *principios*, *elementos* y *sustancias* –agua, aire, oxígeno, oro, uranio o einstenio.

Reiteremos la importancia de aludir a las implicaciones ontológicas y epistemológicas que devienen de revisar las diferencias entre, por ejemplo: el *agua* de la que nos habla Thales de Mileto, el significado de *agua* para Empédocles y Aristóteles, para Priestley y algunos de sus contemporáneos, para Lavoisier, para un químico hoy, o para cualquier persona en su vida cotidiana.

La misma consideración es importante respecto al concepto *átomo* para entender, por ejemplo, que el *átomo de los griegos* como alusión a la estructura de los materiales, dista del *átomo de Dalton* como unidad de combinación química y éste, a su vez, difiere del *átomo de la cuántica*. Estas ejemplificaciones nos permiten decir que las *realidades* de las ciencias contemporáneas no son las mismas a las que se refieren entramados teóricos como los de los siglos XVII o XIX.

¹⁰⁶ Además del texto de Latour & Woolgar (1995) que describe de manera magistral la “construcción de hechos científicos” en el campo de la neuroendocrinología, nos referimos, a modo de ejemplo similar, al trabajo en un centro de investigaciones en el cual se adelantan estudios relacionados con la obtención y síntesis de productos *naturales*, en el campo de la Química Farmacéutica.

¹⁰⁷ Para el alquimista la *sustancia* obtenida por purificación a partir de materiales naturales como flores y las *sustancias* sintetizadas en el laboratorio por procesos químicos, son diferentes. Para un investigador en Química Farmacéutica hoy –como en el caso analizado por Latour y Woolgar– los dos procesos llevan a obtener la misma *sustancia*. Sin embargo, en el ámbito de la vida cotidiana se nos ofrecen *productos naturales* con un mensaje, algunas veces implícito, de oposición a los *sintéticos* químicos.

En consecuencia, asumir que el trabajo en las ciencias no alude a *des-cubrir* la *realidad* ni a aproximarse a una verdad, pasa por la posibilidad de comprender que las ciencias tratan con *representaciones*, es decir, que tienen que ver con la construcción de *juegos de lenguaje* alusivos a situaciones alejadas de las complejas realidades cotidianas y que no obstante, son útiles para explicar algunos aspectos de estas últimas; utilidad y valor juzgados con base en criterios consensuados y cambiantes, ligados a relaciones de poder imperantes en cada contexto.

4.12 Algunas implicaciones para la enseñanza

En este recorrido por el devenir de la construcción de explicaciones, además de reconocer la pluralidad de modelos explicativos, la posible coexistencia de los mismos, sus respectivas restricciones y contradicciones; más allá de destacar los logros intelectuales de los científicos y de visibilizar sus limitaciones, cuestionando la imagen dogmática de las ciencias, pretendemos mostrar la fuerza de diversos marcos de referencia. En concordancia, es posible señalar que viejos marcos conceptuales se yuxtaponen, articulan y complementan con nuevas perspectivas teóricas, formando complejas redes de relaciones de significado

En este sentido, llamamos la atención sobre la necesidad de indagar, no sólo las buenas razones que hacen posible la aceptación consensuada de explicaciones, sino las razones por las cuales persisten explicaciones que desde otros contextos, son tachadas como erróneas e irracionales. Hay aquí un llamado a desvelar condiciones de posibilidad que llevan al privilegio y a la hegemonía algunos productos y procesos científicos, en detrimento de otros; condiciones que incluyen asuntos políticos, éticos, ideológicos y económicos, entre otros, que están relacionados con la selección de aquello que se *impone* o se *elige* como digno de ser investigado, divulgado y enseñado.

Desde otra perspectiva, tomando distancia de paralelos poco adecuados entre el devenir del conocimiento científico y los procesos cognitivos individuales, los asuntos señalados tienen relaciones con la Educación en Ciencias. Como lo muestran distintas investigaciones adscritas a la línea denominada de indagaciones sobre concepciones

alternativas¹⁰⁸, en el aula confluyen interacciones de diversos referentes culturales, así como diversas formas de comprender racionalmente el mundo; es decir, un juego de interacciones que como en la historia de las disciplinas, no se resuelve con el simple reemplazo de unas explicaciones por otras, sino que siempre implica diálogos, tensiones y síntesis, entre otros múltiples procesos, a los que son inherentes y en los que juegan un papel importante, los aportes de mediadores como los profesores y los libros de texto, entre otros.

Desde esta perspectiva, cobran especial significado los estudios sobre la naturaleza de las ciencias como fuentes para la construcción de propuestas didácticas que –más allá de comprender y gestionar adecuadamente concepciones alternativas y acercar los estudiantes a las explicaciones científicas y modelos hoy aceptados¹⁰⁹ – impulsen una perspectiva para la formación en la flexibilidad intelectual, en oposición al dogmatismo y a la pasividad. Planteamos un desafío para incluir como objetos de enseñanza asuntos polémicos y controvertibles en relación con las realidades científicas, las teorías que pretenden explicarlas y su validación.

Hay aquí un llamado a promover el aprendizaje como construcción de nuevas realidades, lo que de acuerdo con Segura, D. (1997), más allá de asuntos meramente instrumentalistas y simplistas de la didáctica, invita a pensar en la posibilidad de acercarnos a la comprensión de un mundo complejo, pleno de interacciones y dependiente del observador. Se trata de un reto a trascender posturas positivistas para re-situar el papel de la observación y la experimentación, el uso y el rol de herramientas tecnológicas, la utilización de diversos lenguajes y representaciones, así como, el papel de los libros de texto, entre otros dispositivos relacionados con la construcción de conocimientos en el aula.

Como lo señala Segura, D. (1997) hay profundas implicaciones didácticas en la concepción filosófica constructivista. Entender que la ciencia construye *explicaciones provisionales* a partir de elaborar y re-elaborar permanentemente la realidad, lejos de caer en la desesperanza de un relativismo a ultranza, permite pensar que lo más

¹⁰⁸ Nos referimos a las citadas por Carretero(1997)

¹⁰⁹ Conviene aquí considerar las recomendaciones de Villaveces (2001) respecto al rigor requerido en el uso de representaciones en la Química hoy. Una rigurosidad acorde con el reconocimiento a la pluralidad representacional y la necesidad de evitar encasillamientos.

importante para llegar a estas construcciones son los procesos implicados en las mismas.

Desde este punto de vista, una mirada a dichos procesos nos permite comprender el significado de lo que es la *explicación* en la actividad científica, las condiciones que tales explicaciones satisfacen, su naturaleza, posibilidades de invención, enunciado, validación, aceptación o rechazo. Posibilidades inseparables del contexto sociocultural de cada época.

En este orden de consideraciones, reiteramos nuestro interés por una enseñanza que incentive la flexibilidad intelectual; es decir, que haga posible una crítica a las maneras particulares de *construir* y *ver* el mundo, que rompa con posturas dogmáticas. Una enseñanza que distante del determinismo, propicie el ejercicio de la lógica sustantiva y posibilite lo que Moreira, M. A. (2005) denomina “aprendizaje significativo crítico”; en otras palabras, un lugar, en la enseñanza, para la discusión de conceptos como relatividad, probabilidad, incertidumbre, causalidad múltiple, no-causalidad, relaciones no simétricas, grados de diferencia e incongruencia.

En concordancia con lo expuesto y teniendo en cuenta la formación para la ciudadanía y la democracia como uno de los objetivos de la Educación en Ciencias; y, considerando además que como lo propone Hodson (2003) la Didáctica tiene que ver con enseñar ciencias, enseñar sobre ciencias y enseñar a hacer ciencias, cobra especial significado y pertinencia la propuesta de “aprendizaje como argumentación” presentada más ampliamente en el capítulo III de esta investigación¹¹⁰.

En síntesis, una perspectiva desde la cual se considera que hacer ciencia implica de manera primordial discutir, razonar, argumentar, criticar y justificar ideas y explicaciones; y, en concordancia, enseñar y aprender ciencias involucra actividades discursivas que posibilitan la apropiación de nuevas herramientas culturales y de nuevas formas de entender racionalmente el mundo contemporáneo, de ciencia, tecnología y comunicación, donde los procesos discursivos mantienen la diversidad de saberes en

¹¹⁰ Al respecto ver los autores citados en Henao y Stipcich (2008).

constante tensión, diálogo y relación. Desde una visión humanista, se trata de permitir la confluencia de horizontes hacia la construcción de mundos posibles.

A este ámbito de reflexiones y en coherencia con las mismas, articulamos nuestro propósito construir y transitar caminos pedagógicos y didácticos que posibiliten una enseñanza para la argumentación y para ello hemos encontrado un espacio privilegiado, el de formación de maestros. Desde nuestro lugar de formador de formadores, esto es, profesor de profesores, nos involucramos en la tarea de incentivar y propiciar la formación de ciudadanos críticos, comprometidos con sus responsabilidades sociales.

El Seminario de lógica de las Ciencias, asignatura que hace parte del plan de estudios de la Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales, es el espacio que nos da la posibilidad compartir con maestros en formación las cuestiones que aquí planteamos en relación con el papel de la argumentación en la construcción, la enseñanza y el aprendizaje de las disciplinas. Es el lugar en cual trabajamos, en la perspectiva de incentivar las prácticas argumentativas como vía para tomar distancia de la enseñanza transmisionista dogmática.

Por lo anterior, hemos elegido dicho espacio para situar nuestras indagaciones acerca de la naturaleza dinámica y plural del conjunto de representaciones compartidas un grupo de estudiantes que se forma como profesores de ciencias y en cual instalamos la pregunta: ¿Cuáles son algunos de los componentes y características de la *ecología representacional* del grupo de estudiantes de la Licenciatura en Educación Básica, énfasis Ciencias Naturales y Educación Ambiental, que comparten el Seminario de Lógica de las Ciencias en el segundo semestre académico del año 2007, en relación con los significados del concepto *sustancia*?

Desde los marcos teóricos elegidos y reconociendo la complejidad del objeto de estudio, nos acercamos a la comprensión y al análisis - siempre parciales- del mismo. Así, en el siguiente capítulo profundizamos en la construcción que nos hemos propuesto, la *ecología representacional* compartida por un grupo de seminaristas; una construcción que como veremos está estrechamente relacionada con los propósitos pedagógicos del Seminario, los saberes que al mismo traen los participantes, la ruta metodológica transitada en esta investigación y con nuestras perspectivas teóricas y epistemológicas.

CAPITULO V

5 **HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA ECOLOGÍA REPRESENTACIONAL: EL CASO DE MAESTROS EN FORMACIÓN, EN EL SEMINARIO DE LÓGICA DE LAS CIENCIAS**

La verdadera medida de la comprensión que brinda una teoría reside, sobre todo, en la riqueza y variedad de las nuevas cuestiones hacia las que nos obliga a dirigir la atención, y en su poder de revelar conexiones significativas entre elementos y campos de investigación que antes parecían en todo independientes

Toulmin, 1977

5.1 **La vía metodológica elegida y la perspectiva epistemológica asumida**

5.1.1 **El estudio de caso interpretativo como camino a transitar en la construcción del objeto de investigación**

En coherencia con los propósitos centrales de este trabajo, esta parte del estudio identifica algunos elementos y procesos inherentes a la *ecología representacional* que en relación con el concepto sustancia, comparte un grupo de estudiantes que se forma como profesores(as) en la Licenciatura en Educación Básica, énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental; identificación que se basa en las actividades propias

de una de las asignaturas del plan de formación de esta Licenciatura, el Seminario de Lógica de las Ciencias.

Dicho seminario es un espacio que busca hacer posible la construcción de propuestas de enseñanza que privilegien la argumentación sustantiva. En este sentido, es de esperar que la *ecología representacional* construida, esté constituida por elementos de diversos campos y saberes que dialogan, en la perspectiva de dar fundamento a propuestas didácticas, en este caso, de la Química. Así, en esta parte de la tesis, centramos nuestro interés en asuntos que competen al campo de la investigación en enseñanza de las ciencias y, siguiendo la epistemología toulminiana, emprendemos la construcción de la ecología compartida por grupo de maestros en formación.

Al respecto consideramos que en el marco de la investigación cualitativa (Rodríguez, Gil & García, 1996; Ogbu, Sato & Kim, 1988), el estudio de caso (Stake, 1998) es una opción que nos ofrece una perspectiva de trabajo coherente con los propósitos planteados, dado que nuestra pretensión, coincidente con este tipo de estudios, es la de interpretar y comprender algunos elementos y procesos del sistema representacional que hace posible la comunicación y la construcción colectiva de conocimiento del grupo en cuestión.

Pretendemos comprender algunos aspectos de la dinámica inherente a procesos de enculturación específicamente orientados y potenciados por estrategias que buscan involucrar los y las estudiantes en asuntos que requieren un alto nivel de flexibilidad intelectual y de comunicación, como son los de construcción y expresión de argumentos. El proceso será descrito y analizado en términos de la construcción de la *ecología representacional* como objeto de comprensión que puesto en relación con el marco teórico y con algunas conclusiones sobre el devenir del concepto sustancia, nos permita hacer algunos aportes al campo de la Enseñanza en Ciencias.

En relación con lo anterior, retomamos aquí algunas consideraciones que nos permiten sustentar esta elección metodológica. Así, adherimos a Lüdke y André (1986) para quienes el estudio de caso pretende la comprensión de una instancia singular o única, reconociendo el carácter multidimensional e históricamente situado del caso en sí, en la búsqueda de retratar una unidad en acción, considerando que cada caso

estudiado tiene un valor intrínseco y que dicho valor no depende de que el caso pueda ser o no representativo de una población.

Nuestra pretensión no es la de generalizar resultados, tenemos como propósito la comprensión en profundidad de la producción escrita de un grupo de estudiantes; en concordancia con Stake (1998), buscamos comprender un caso en su idiosincrasia, su complejidad y su dinámica; y, en el mismo sentido, reiteramos nuestra elección, acogiendo las consideraciones de Goetz y LeCompte (1998), para quienes el estudio de caso más allá de una estrategia de investigación, es una herramienta imprescindible para quienes pretenden describir y entender en profundidad contextos de enseñanza y aprendizaje.

En el marco de estudio de caso de tipo interpretativo, en relación con las estrategias de investigación, este estudio privilegia el *análisis cualitativo de contenido*, en tanto intenta *desentrañar* significados, posturas, consensos, disensos y tensiones, entre otros aspectos, con base en los análisis de los *documentos* que constituyen la producción escrita elaborada por los estudiantes que integran el grupo objeto de estudio.

Nuestra opción por el análisis de documentos, como *registros escritos* de aquello que se comunica, parte de considerarlos materiales menos reactivos que los que devienen de, por ejemplo, observaciones o entrevistas. No obstante, al tomar distancia de visiones positivistas, admitimos que se trata de la construcción del objeto de estudio, no exenta de sesgos del investigador y que como lo señala Piñuel, J.I. (2002), es conveniente tener en cuenta que el *contenido* no se des-vela o descubre de manera aséptica.

Nos hemos involucrado en un proceso que pretende alejarse de criterios adscritos a las lógicas positivistas, al objetivismo y la neutralidad, para situarse en un ámbito que exige el reconocimiento explícito a los factores que hacen posible esta construcción, al tiempo que le dan sentido a los hallazgos relacionados con la misma.

En forma análoga al proceso descrito en el estudio de Latour y Woolgar (1995), presentado en esta tesis, emprendemos nuestros análisis reconociendo que lo *hallado*, está en estrecha relación con los *instrumentos* usados para su *detección o identificación*, con el contexto en el cual se inscriben dichos hallazgos, las dinámicas propias del Seminario, la historia académica de los miembros del grupo y, obviamente, las

perspectivas e intereses de quien realiza esta investigación, sus bises y sesgos; lo que nos implica un atento cuidado en la búsqueda de criterios de credibilidad.

5.1.2 En relación con lo que se constituye objeto de estudio: el grupo de estudiantes y su producción académica

Conviene aquí precisar y describir el caso de estudio, así como, el universo de documentos que se constituyen en fuentes de datos. En relación con el primero, el caso lo constituye un grupo de siete estudiantes de la *Licenciatura en Educación Básica, con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental*, de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, que comparte el *Seminario Lógica de las Ciencias*, en el segundo semestre de 2007 – de Octubre 9 de 2007 a Marzo 4 de 2008, con un intermedio de 3 semanas de vacaciones por navidad –, con una frecuencia semanal e intensidad de 4 horas consecutivas, los martes de 8 a 12 am, para un total de 64 horas semestre.

El seminario de Lógica de las Ciencias, es un curso que está ubicado en el nivel VIII del plan de formación y corresponde al campo de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, campo en el cual se inscriben también los Seminarios de Historia y Epistemología de las Ciencias I y II y el de Sociología, situados en forma secuencial a partir del quinto nivel y con relaciones de prerrequisito uno de otro. Es de anotar que el Proyecto Educativo que fundamenta este plan de formación, tiene como una hipótesis básica que los estudio sobre la naturaleza de las ciencias constituyen una fuente fundamental para la investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales y, por lo tanto, para la formación de los maestro(as) que tienen a su cargo la formulación y puesta en escena de propuestas de enseñanza.

Como se puede ver en el Anexo 1, en el Plan de Formación para la Licenciatura, estos seminarios, junto a las Didácticas de las Ciencias Experimentales I y II y a las Prácticas Pedagógicas – Proyecto Pedagógico I, II y III e Investigación Monográfica I, II y III –, constituyen el eje articulador de dicho plan, el campo Didáctico; este campo, así como el de las Disciplinas Científicas y el de la Educación Ambiental, son

específicos de esta Licenciatura; no así, el del saber Pedagógico, que es común a todos los programas de formación de maestros en esta Facultad de Educación e incluye algunos espacios que se ocupan del campo de la cognición.

Es de anotar que los maestros en formación que participan del Seminario de Lógica de las Ciencias ya han aprobado la mayor parte de su plan de estudios. Para el caso de esta investigación, resaltamos que todos los estudiantes cursaron y aprobaron Sistemas Químicos I, II, III, IV y V, que se corresponden respectivamente con Química General, Química Orgánica, Química Analítica, Físicoquímica y Bioquímica; además de los seminarios arriba enunciados; lo que se constituye en una fundamentación adecuada para las reflexiones propias del Seminario en cuestión¹¹¹, cuyo plan de curso se presenta en el Anexo 2.

Por su parte, el universo documental analizado lo constituyen los textos escritos, es decir, la producción académica de los estudiantes en el Seminario, con autoría individual o de grupo; un conjunto de documentos que son archivados por cada seminarista en una carpeta o portafolio de trabajos. Como se explicita más adelante, cada uno de estos documentos constituye una *unidad de contexto* en la cual, las *unidades de registro* se inscriben y expresan su significado. Estos documentos son brevemente descritos a continuación:

- Las memorias de cada sesión, en las cuales se registran asuntos discutidos que son significativos para quien elabora la memoria y que generalmente, incluye a modo de conclusión o aporte personal, comentarios o reflexiones, algunos enunciados de aquello que sus autores consideran relevante o digno de retomar, recrear y expresar.
- Escritos a modo de informes de lectura, ensayos, síntesis, entre otros, que dan cuenta de la producción intelectual que los estudiantes elaboran con base en los textos de lectura obligatoria que orientan los seminarios, las discusiones del mismo, lecturas

¹¹¹ Conviene aclarar que los ejercicios propuestos, especialmente los de aprendizaje y aplicación del Modelo Argumental de Toulmin, requieren la utilización de modelos y conceptos científicos fundamentales de las diferentes disciplinas; no obstante, en este grupo se concertó dar mayor énfasis a la Química. En este sentido, el trabajo final, diseño de una propuesta de enseñanza que privilegie la argumentación en el aula, está orientado a este campo y, en particular, a propuestas para la enseñanza de conceptos relacionados con *sustancia química*.

complementarias, conversaciones con algunos expertos en Química¹¹² y, en general, saberes que son del dominio de los participantes.

- Ejercicios de aplicación de estrategias de argumentación; específicamente del modelo argumental de Toulmin o MAT, en relación con algunos conceptos de la Química.
- Diseño de una propuesta de enseñanza de conceptos o modelos explicativos de Química, relacionados con el concepto *sustancia*, que incorpore las discusiones de los seminarios, en especial los asuntos relacionados con la argumentación. A modo de trabajo final se concreta en un documento escrito y una presentación en Power Point.

Como lo anotamos, es importante tener en cuenta los medios, instrumentos y, en general, las condiciones que permiten la emergencia y concreción de aquello que identificamos como parte de la estructura y dinámica de la *ecología representacional* del grupo en cuestión. Hace parte importante de estos asuntos el referencial teórico que orienta el Seminario, a modo de objeto de análisis, discusión y reflexión en los encuentros, así como fuente para la producción académica de los estudiantes.

En este sentido, podemos decir que de manera análoga a la forma cómo actúan los reactivos químicos o los aparatos usados para la identificación de la composición de determinada sustancia, así, los referentes teóricos que orientan el Seminario nos permiten identificar elementos de la ecología representacional, formando con ellos componentes representacionales de cuya existencia es imposible hablar en ausencia de las condiciones que permiten su emergencia¹¹³.

Sin embargo, conviene anotar que en aras de evitar relativismo y subjetivismo, en la búsqueda de la calidad requerida en este tipo de estudios, son pertinentes y necesarios los procesos de triangulación; de un lado, de los datos, teniendo en cuenta las fuentes de los mismos; y de otro, de los análisis propuestos, considerando aportes que puedan hacer algunos expertos en química y en enseñanza de la química, además de la *revisión*

¹¹² Los participantes del seminario visitaron la Planta de producción de Medicamentos de la Facultad de Química Farmacéutica de la U de A y un Laboratorio en la Sede de Investigación Universitaria — SIU —, donde se investiga especialmente en Química Farmacéutica y Biología Molecular. A cuestiones que se trataron en estas visitas aluden los seminaristas en apartes de algunos escritos.

¹¹³ Algunos de los textos orientadores de los primeros encuentros, se presentan en los Anexos 3, 4 y 5; el Anexo 6 presenta ejercicios propuestos para sustentar por medio del MAT. Otros documentos orientadores del Seminario son referenciados en la bibliografía que hace parte del Plan de curso, Anexo 2.

hecha por algunos de los estudiantes del grupo investigado, en la vía de lograr que el estudio pueda ser reconocido como apropiado, claro, comprensible, creíble y significativo.

Al respecto nos es fundamental adelantar una posible objeción, en relación con la pertinencia de aludir a la *ecología representacional* como entramado de carácter grupal, con base en el análisis de la producción escrita de cada seminarista, de manera que parecería que el todo no fuera más que la suma de las partes; no obstante, consideramos que como en caso de los profesionales o los científicos que trabajan y conforman lo que Toulmin denomina una *ecología intelectual*, en este caso, cada miembro del grupo propone ideas, expone disensos, plantea adhesiones y consensos, en general, se involucra en una dinámica que permeada fuertemente por asuntos contextuales, les permite implicarse en procesos grupales en los que cada uno aporta y recibe elementos, de manera que el grupo, hace posible la apropiación cultural de la que nos habla el epistemólogo.

En este sentido, adherimos a las consideraciones de Latour y Woolgar (1995), quienes reconocen que las negociaciones de significado, así como los procesos de argumentación y persuasión, son el trasfondo cultural que permite la emergencia de una idea o la reconstrucción de un *razonamiento lógico*, aunque éstos se expresen a modo de producción personal o individual. Recordamos también que algunos escritos aquí analizados son de autoría plural.

5.1.3 Los análisis de contenidos: la categorización como entramado de relaciones de unidades de registro y unidades de contexto, en el marco de las dinámicas del seminario

En el ámbito del análisis cualitativo de contenido, elegido como universo el conjunto de los escritos de los seminaristas, seleccionamos como *unidades de registro* pequeños trozos de los discursos, que nos permiten hacer algunas inferencias respecto a las categorías a las cuales se ajustan dichas unidades. Así, la construcción de categorías de análisis implica el ejercicio de reconocer que las *unidades de registro* cobran significado sólo en relación con las *unidades de contexto* en las se hallan, es decir, en el documento específico en el que se inscriben y que a su vez, estas últimas unidades están

inmersas en las dinámica del Seminario que posibilitan su escritura o producción, a modo de *exposición* de reflexiones, creencias, perspectivas, modelos y significados, como partes de aquello que consideremos ecología representacional, *consignadas* en los escritos.

En relación con la definición de categorías de análisis, conviene reiterar que los presupuestos de esta investigación coinciden en buena parte con los del Seminario de Lógica de las Ciencias y, en ese sentido, las estrategias y actividades propuestas en este último, orientan de algún modo las búsquedas de la primera. El seminario provee oportunidades para el aprendizaje de asuntos relacionados con la Lógica Sustantiva o no formal, al tiempo que propicia estrategias y dinámicas en las cuales los integrantes del grupo participan, exponiendo en un tejido de relaciones, sus puntos de vista, sus significados y, en general, sus saberes, en torno a las cuestiones propuestas, es decir, posibilita las indagaciones de las que se ocupa esta investigación.

En relación con el concepto *sustancia*, objeto de este trabajo, nos parece importante anotar que aunque no es propósito del Seminario la enseñanza de la Química, reivindicamos la importancia de fundamentar las propuestas didácticas en fuentes relacionadas con estudios sobre la naturaleza de las ciencias. Recordamos que en el campo de la Química, la construcción de explicaciones implica tener en cuenta las permanentes tensiones y relaciones entre los ámbitos: macroscópico y submicroscópico; de lo concreto y lo abstracto; así como, entre las entidades – o los procesos– y sus representaciones.

La explicitación de dichas consideraciones y la comprensión de tales tensiones, hacen parte de necesarias discusiones de orden epistemológico y obviamente, del nicho de los lenguajes en la construcción de conocimiento, un entramado que nos interesa comprender respecto a la *ecología* en cuestión.

En este orden de ideas y aunque resulte tautológico, resaltamos que las discusiones de orden epistemológico son inherentes a los análisis de cuestiones relacionadas con la investigación, la enseñanza y el aprendizaje de la ciencias; así mismo, consideramos fundamental reconocer que investigadores, estudiantes y profesores tienen posturas epistemológicas propias, generalmente implícitas en los discursos y en las actividades

cotidianas que les son particulares a sus roles y con las cuales establecen complejas relaciones

Desde estos presupuestos nos interesa, en un primer acercamiento a la construcción de nuestro objeto de estudio, identificar como componentes de la *ecología representacional* del grupo objeto de estudio, los significados compartidos en torno al *conocimiento* y, en particular, algunos aspectos representacionales acerca de las *ciencias* y el *conocimiento científico*. Más adelante, profundizando en estas cuestiones, indagamos asuntos relacionados con conceptos como *objetividad*, *experimentación*, *verdad*, *lógica* y *racionalidad*, entre otros; indagaciones que nos conducen a plantear consideraciones sobre el papel y lugar de *lenguaje* y *argumentación* en la *construcción de conocimiento*, punto nodal de nuestras reflexiones.

Estas últimas cuestiones, que son centrales en el Seminario de Lógica de las Ciencias, intencionalmente se han enfocado en discusiones, reflexiones y trabajos que privilegian la relación de las mismas con explicaciones del ámbito de la Química; específicamente con el concepto *sustancia* y otros que con éste establecen relaciones de significado. Estos componentes de la ecología representacional los indagamos haciendo uso del Modelo argumental de Toulmin como rejilla de análisis.

Finalmente, es nuestro interés resaltar algunos elementos de orden valorativo y axiológico que hacen parte de la ecología representacional de los seminaristas; aunque, como veremos es difícil separar estos componentes de otros aspectos de la misma. Conviene anotar que incluimos en el ámbito de las cuestiones valorativas, algunos aportes de algunos seminaristas a la lectura de avances de esta investigación, es decir, a contribuciones posteriores al desarrollo del Seminario.

Así, en una ruta no lineal, nos proponemos la construcción de “La Ecología Representacional”, mediante un proceso que implica la caracterización algunos de sus elementos constituyentes con base en las interpretaciones que devienen de las *unidades de registro*, “leídas” con base en sus fuentes primarias, las *unidades de contextos*¹¹⁴ y

¹¹⁴ Las citas textuales, unidades de registro, tomadas de los escritos de los seminaristas, se sitúan en las unidades de contexto con la anotación de la página del portafolio y el nombre del respectivo escrito que las contiene. En el caso de ser tomados de trabajos autoría plural, como las propuestas de enseñanza, se cita la página del respectivo documento; así mismo, en algunos casos se describen condiciones específicas de producción.

considerando los referentes teóricos y demás condiciones que probablemente posibilitan su expresión.

Al respecto, es importante decir que siguiendo a Latour y Woolgar (1995), en esta parte del trabajo tomamos como *unidades de registro* algunos *enunciados* contenidos en los documentos objeto de análisis y en esta dirección acogemos la perspectiva de Foucault (2007), para quien los *enunciados* son unidades de discurso que en sentido filosófico, hacen posible un análisis del mismo en su complejidad, discontinuidades o rupturas, correlaciones y modos de existencia; así, los *enunciados* son unidades no equiparables a las oraciones gramaticales, ni a las proposiciones de la lógica formal.

5.1.4 Acerca de las categorías de análisis

En relación con los asuntos de orden metodológico adelantamos aquí un esquema que en una aproximación a nivel macro, muestra los grupos de componentes hallados en la ecología representacional; es decir, presenta las categorías y subcategorías que hemos usado para describir, comprender y, finalmente, construir el objeto de este trabajo. Posteriormente nos adentramos en la tarea de identificar y situar los enunciados, unidades de registro, en el grupo o categoría correspondiente sin perder de vista que éstas pueden entrecruzarse y solaparse.

Como lo muestra en la figura 5.1, en concordancia con la propuesta toulminiana, es nuestro interés identificar diversos componentes de la *ecología* y al respecto elegimos presentar, a modo de narrativa, enunciados que ilustran cada una de las categorías alusivas a los a las cuestiones de los ámbitos epistemológico, axiológico y de la argumentación. Estos enunciados son brevemente comentados y puestos en relación unos con otros y con la respectiva categoría, en un tejido que pretende mostrar las imbricaciones de los elementos representacionales que comparten los seminaristas.

Aunque las categorías propuestas en la figura anterior, serán significadas e ilustradas en la siguiente narrativa con la presentación de los diversos hallazgos, nos interesa destacar aquí que en la misma incluimos el análisis sobre la presencia de algunos indicadores de rasgos, *tonos* o *matices* de racionalidad que podrían caracterizar los

enunciados analizados. Así por ejemplo, la unidad analizada puede hacer alusión a una toma de distancia del racionalismo cientificista¹¹⁵ y la vez, tener un tono que denominamos dogmático

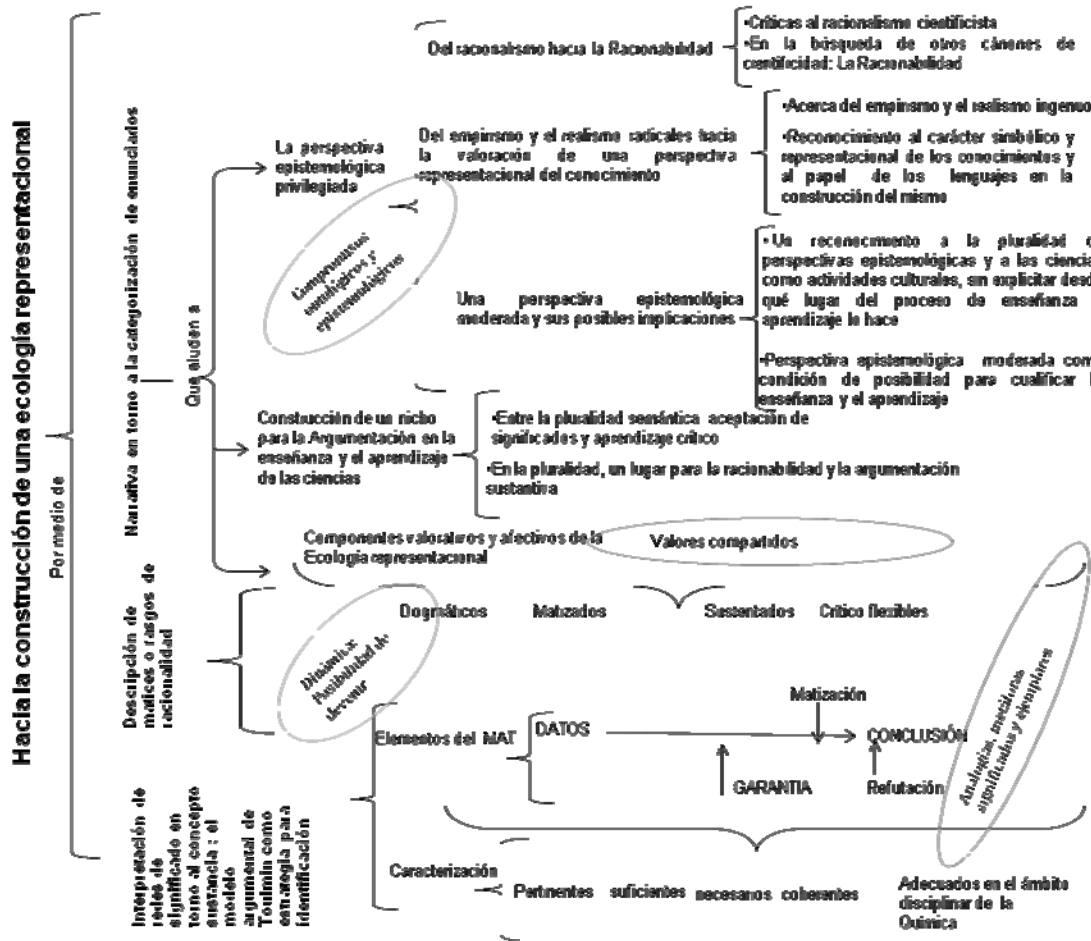


Figura 5.1 Elementos constituyentes de la arquitectura de la ecología representacional

En este orden de consideraciones, re-creando la propuesta de Latour y Woolgar (1995) proponemos la caracterización de los rasgos de racionalidad de los enunciados, en términos de dogmáticos, matizados, sustentados y crítico-flexibles. Al respecto,

¹¹⁵ Acogemos aquí los significados propuestos por la Real Academia Española de la Lengua y que hacen referencia a puntos de vista o perspectivas según las cuales: a) los métodos científicos deben extenderse a todos los dominios de la vida intelectual y moral sin excepción, b) los únicos conocimientos válidos son los que se adquieren mediante las ciencias positivas, c) hay una confianza plena en los principios y resultados de la investigación científica y en la práctica rigurosa de sus métodos y c) se da excesivo valor a las nociones científicas o pretendidamente científicas.

conviene precisar que los rasgos subyacentes en los enunciados los hemos caracterizado así:

- **Categoricos o dogmáticos:** Se trata de enunciados con afirmaciones que tienen fuerza de “verdad” incuestionable.
- **Matizados:** enunciados que incorporan comentarios que matizan con lo que Toulmin denomina cualificadores modales; expresiones con las cuales se muestra un corrimiento del dogmatismo, aunque no alcanzan a constituirse en razones.
- **Justificados:** Son aquellos en los que los seminaristas acompañan a las afirmaciones con sustentos que podrían potenciar el valor de la misma. En términos más estructurales se trata de oraciones concatenadas entre posibles acontecimientos y sus razones o consecuencias.
- **Crítico-flexibles:** Son enunciados compuestos de apreciaciones que dan cuenta de una puesta en duda o cuestionamiento como parte del proceso de construcción de quien elabora el enunciado.

Aclaremos que estas categorías no son excluyentes, ellas se corresponden con una gama o conjunto de rasgos que en algunos casos se superponen; una cuestión que se hace más pronunciada entre los enunciados matizados o cualificados y aquellos que incluyen justificaciones a una aseveración y de éstos con los crítico-flexibles.

La posibilidad de indagar estas cuestiones nos parece de suma importancia, pues retomando a Toulmin, es la racionalidad y más concretamente la razonabilidad, flexibilidad intelectual o apertura al cambio, el principal factor implicado en la dinámica del devenir de la ecología intelectual. Desde nuestro punto de vista, se constituye en el componente de dicha ecología que debería privilegiarse para ser enseñando como parte de una cultura científica.

En lo que sigue presentamos la narrativa que en un nivel más profundo, llena de contenido y significado las categorías elegidas para esta parte del análisis, en cuya base está la selección de las *unidades de registro*, las que hemos tomado en forma literal de los escritos de origen o unidades de contexto y que mostramos enriquecidas con los

comentarios que devienen de nuestras inferencias e interpretaciones, en la vía de comprender algunas dinámicas y componentes de ecología representacional en cuestión.

Retomando el esquema de la figura 5.1 destacamos que la descripción de matices o rasgos de racionalidad es una metacategoría cuyos componentes atraviesan las categorías que se engloban en la metacategoría narrativa en torno a la categorización de enunciados. Dicho de otra manera, los compromisos ontológicos y epistemológicos y los componentes valorativos se representan en enunciados que denotan cierto grado de racionalidad – dogmático, matizado, sustentado, crítico-flexible –.

Por su parte, el componente disciplinar, en torno al concepto de sustancia, se enmarca en una red de significados que se analizan a la luz del MAT. Con estas consideraciones, en lo que sigue se ejemplifican las categorías inmersas en cada una de las metacategorías definidas para la construcción de la ecología representacional.

5.2 Hallazgos derivados de las categorías de análisis

5.2.1 Algunas Cuestiones preliminares

En relación con los hallazgos¹¹⁶, conviene aclarar que no todas las cuestiones planteadas en los textos de apoyo del Seminario fueron objeto de debate general, aunque sí de trabajo personal o en pequeños grupos; sin embargo, privilegiamos para estos análisis, escritos de los seminaristas en los que se hace referencia a debates grupales. En este sentido nos parece importante resaltar la estrecha relación de lo individual y lo grupal y, por tanto, señalar la presencia de encuentros y desencuentros; coincidencias y contradicciones; incertidumbres, ambigüedades, malos entendidos y, en general, una amplia gama de interpretaciones expresadas por los seminaristas, a partir de las discusiones grupales y la apropiación que hacen de las mismas.

¹¹⁶ En este trabajo planteamos que aludir a lo *hallado*, a diferencia de hablar de lo “descubierto”, permite reconocer la presencia de presupuestos teóricos, bieses o sesgos en los análisis; sin que ello implique caer en relativismos o subjetivismos.

Lo anterior se puede inferir y en cierta medida visibilizar en el trascurso de la narrativa; no obstante, consideramos importante presentar a modo de ejemplos ilustrativos de lo anterior, una pequeña gama de interpretaciones y descripciones que hacen los participantes del seminario sobre las actividades y objetivos propuestos respecto al cuestionario del Anexo 3, asuntos que registran en el protocolo o memoria de la segunda sesión.

Melisa¹¹⁷, p:11, alude a las actividades de la sesión 2, como desarrollo de un taller en el cual se pretende “...mostrar conformidad o inconformidad respecto a algunas perspectivas que se tenían sobre conceptos” y agrega, recordando que estas discusiones tratan de asuntos ya conocidos, “...durante las discusiones en cada grupo, se pudieron afianzar concepciones adquiridas en seminarios anteriores, o por el contrario surgieron interrogantes que en la discusión general con los demás grupos, se pudieron esclarecer”, enunciados en los que es posible identificar la prioridad dada al trabajo en términos del debate y la discusión.

A diferencia de su colega, Azucena, p:8, da prioridad a propósitos como “determinar” e “identificar”, cuando anota que “...el objetivo del taller es determinar las posturas epistemológicas de los estudiantes e identificar si hay reconocimiento positivo a la filosofía popperiana, pues el taller tiene múltiples elementos de sus planteamientos”; sin embargo, más adelante agrega “...se procede a la socialización en la que cada grupo debe argumentar cinco de las respuesta dadas en el taller”, dando así un lugar a las actividades relacionadas con discusiones o debates.

Margarita, P:5 y 6, resalta el debate como finalidad de la actividad y al respecto dice que “...la actividad a realizar es un taller cuyo fin es ver la relación y las lógicas referentes a los conocimientos científicos, mirar si los enunciados son pertinentes, si estamos de acuerdo o no”, seguido de “...y se deben sustentar al menos cinco enunciados”, a lo que posteriormente agrega, “se ponen en común los enunciados y se identifica si estamos enmarcados en posturas popperianas o si estamos inclinados por el positivismo lógico” expresión a la que sólo separado por una coma, añade “de esta actividad se resaltan las siguientes ideas” y si mediar palabras pasa a enunciarlas a modo de un “inventarios” o “lista” de las mismas.

¹¹⁷ Los nombres que usamos en este escrito nos permiten proteger la identidad de los y las participantes del grupo que se constituye como caso de estudio en esta investigación.

Al respecto Violeta, p:3, anota que “...se dio paso a la actividad propuesta por la profesora, con el objetivo de explicitar algunas posturas epistemológicas; consistió en un taller...en el cual había algunas afirmaciones para discutir en parejas, para expresar el acuerdo o desacuerdo respecto a las mismas” y agrega “para socializar esta actividad se propuso escoger dos afirmaciones en las que estuvimos de acuerdo y dos que hayan generado discusión”, lo que complementa inmediatamente resaltando que “La socialización dio paso para que la profesora hablara...”.

Resaltamos que la alusión a esta actividad del segundo encuentro, en su pluralidad de expresiones, hace posible inferir que lo dicho no es igual a lo interpretado y expresado por los oyentes y que en las interpretaciones y expresiones hacen presencia los matices individuales; no obstante, consideramos que esas expresiones permiten tener confianza en que los asuntos “retomados” por los seminaristas en el protocolo fueron objeto de discusión y, en este sentido, tienen elementos de una construcción social.

En este punto volvemos a nuestro primer objeto de análisis, es decir, a la identificación de posibles rasgos o indicios de las tendencias epistemológicas que podrían caracterizar la ecología representacional del grupo de seminaristas y que como ya lo expresamos, emergen a la luz y con el apoyo de diversos textos, una tipificación que reiteramos, se articula con las indagaciones acerca de los matices de *racionalidad* que podrían caracterizar esta ecología.

Respecto a estas características y para una mejor comprensión de la narrativa, aclaramos que aunque alejados de análisis exhaustivos dada la dificultad inherente a tal pretensión, identificamos rasgos subyacentes en algunos enunciados, los que señalamos con subrayados especiales en algunos apartes que pueden ser indicadores de dichos rasgos; así mismo, acompañamos estas señales con comentarios respecto a la categorización en cuestión.

5.2.2 En relación con la perspectiva epistemológica privilegiada

En coherencia con los presupuestos epistemológicos que planteamos en el marco teórico de este estudio y con la convicción que existen estrechas y complejas relaciones

entre las propuestas y acciones que tienen que ver con actividades como la investigación, la enseñanza y el aprendizaje y las perspectivas epistemológicas que les son subyacentes, nos proponemos presentar algunos análisis con base en el figura 3.2, que aquí retomamos a modo de base de matriz categorial que nos posibilita identificar algunos elementos y características de la Ecología representacional del grupo de estudio.

Al respecto recordamos que como se muestra en el Plan de formación de la Licenciatura –Anexo 1–, los estudiantes que participan de este Seminario ya han abordado en otros espacios de formación, discusiones en torno a la naturaleza de las ciencias y del conocimiento en general, las cuales de algún modo les han permitido cuestionar explícitamente sus anteriores presupuestos, sin que ello implique necesariamente cambios o rupturas totales respecto a las posturas de corte positivista en las que por lo general han sido formados, como se puede inferir de los enunciados que consignan en diversos escritos y que más adelante presentamos.

En relación con este asunto, es importante resaltar que las discusiones de orden epistemológico se inician explícitamente en la segunda sesión del seminario, continúan con prioridad en los primeros cinco encuentros y permanecen como telón de fondo de otras discusiones que como las relacionadas con el papel de los lenguajes en la construcción de conocimiento, se van haciendo prioritarias.

En este sentido, las primeras sesiones del Seminario consisten en la realización de actividades elaboradas con la intención de propender por la discusión y la crítica de algunas consideraciones acerca de las ciencias experimentales; ejemplos de tales actividades se plantean en los Anexos 3, 4 y 5. De igual modo se promueve la puesta en común o socialización de algunos significados asignados a conceptos como *racionalismo*, *empirismo*, *positivismo*, *lógica*, entre otros, con base en construcciones personales y consultas en fuentes como textos o diccionarios de filosofía, diccionarios tradicionales de lengua castellana e Internet

Son también importantes fuentes para las discusiones, una conferencia del profesor Michel Patty¹¹⁸, así como los textos: “Newton y la tradición Hermética: entre planetas y metales” (Chaparro & Gramajo, 1999), “Experiencia y explicación” (Toulmin, 1964b) y

¹¹⁸ “La reflexión crítica, histórica y epistemológica de las ciencias y su rol en la formación de la cultura contemporánea”. Conferencia dictado en la Universidad de Antioquia por este investigador francés, experto en Historia de las Ciencias y a la cual asistieron los seminaristas.

“Constructivismo: ¿Cambio de mirada o cambio de realidad?” (Segura ,1997); referentes teóricos que además introducen importantes reflexiones sobre el papel de los lenguajes en la construcción de conocimiento.

Conviene reiterar que con estas discusiones se pretende, desde una perspectiva toulminiana, cuestionar las posturas que consideran a las ciencias como sistemas de *verdades* y como conocimiento objetivo universalmente válido; cuestionamiento cuyo fin es cimentar un espacio apropiado para el debate acerca del papel de los lenguajes en la construcción de conocimientos y la comprensión de la *argumentación* en el marco de la *lógica no formal*. Pretensión prioritaria del Seminario y objeto de análisis de esta investigación.

En lo que sigue es posible leer un abanico de lo que los seminaristas denominan “ideas”, que en sus palabras “resaltan”, “retoman” o “rescatan”, nosotros diremos además que re-crean y re-construyen, con base en los debates o procesos de socialización y que explicitan en diversos enunciados. Nos centramos aquí en enunciados que aluden a asuntos de orden epistemológico y, aunque no es posible separar en subcategorías cerradas, para dar orden a la presentación arriesgamos una agrupación de acuerdo con el énfasis de las mismas en algunos aspectos de las discusiones en torno a la construcción de conocimientos.

Anotamos que en este ámbito de reflexiones se entrecruzan asuntos de tipo normativo y los que tiene que ver con las fuentes de conocimientos; se forman nodos de relación entre las cuestiones de las que las ciencias se ocupan y la naturaleza de dicho conocimiento. Se anudan las preguntas que hemos relacionado con las categorías y subcategorías de esta rejilla de análisis; de modo que en términos toulminianos hablamos de una relación entre la comprensión humana y aquello que buscamos comprender, entre la naturaleza de la explicación y lo que pretendemos explicar.

Iniciamos esta narración de hallazgos presentando algunos enunciados en los cuales se alude a cuestiones relacionadas, primero con el racionalismo y, segundo con el empirismo. En el primer grupo de enunciados nos referimos, de un lado a los que permiten inferir críticas al racionalismo positivista o racionalismo a ultranza, que podemos identificar con el denominado científicismo y, de otro lado, aquellos que

abogan por un reconocimiento a cánones de científicidad de índole diferente a los propuestos en el positivismo lógico.

En el segundo grupo, aquellos en los que se toma postura respecto al empirismo, hacemos referencia a dos subgrupos; uno de ellos abarca enunciados en los cuales es posible inferir críticas al empirismo radical, así como al realismo ingenuo; el otro involucra enunciados en los cuales se explicita un reconocimiento al carácter simbólico y representacional del conocimiento y al papel de los lenguajes en la construcción del mismo.

Un tercer grupo de enunciados se caracteriza por alusiones a posibles implicaciones derivadas un reconocimiento a la pluralidad de perspectivas epistemológicas y a la toma de postura en relación con las mismas. Resaltamos de manera especial aquellos enunciados que se refieren a implicaciones de dichas posturas respecto a la enseñanza o al aprendizaje de las ciencias.

En relación con estas categorías de análisis, llamamos nuevamente la atención respecto a las dificultades inherentes a las interrelaciones de las mismas y, por lo tanto, los problemas que afrontamos para tomar decisiones sobre la ubicación de un determinado enunciado, en tanto como veremos, el mismo puede hacer alusión a conceptos, preguntas u otras cuestiones relacionadas con varias de las categorías y subcategorías. No obstante, esperamos que el arriesgar estas decisiones nos haga posible una mejor comprensión de nuestro objeto de estudio.

5.2.2.1 Del racionalismo hacia la racionabilidad

En el ámbito de la Epistemología toulminiana, esta categoría está relacionada, entre otras, con las siguientes preguntas ¿Qué clases de cosas conocemos?, ¿Qué tipos de certeza pueden tener nuestros conocimientos?, ¿Cómo adquirimos estos conocimientos y en términos de que conceptos se lo estructura? (Toulmin, 1977, p.23).

5.2.2.1.1 Acerca del racionalismo científicista

Interesa particularmente en el Seminario la posibilidad de incentivar las propuestas de enseñanza y aprendizaje centradas en la Argumentación no formal, interés que reiteramos está relacionado con perspectivas epistemológicas distanciadas del dogmatismo positivista, en este sentido, en el segundo encuentro del seminario se introducen discusiones que a partir de los asuntos planteados en el cuestionario del Anexo 3, hacen posible reflexiones que buscan profundizar en cuestionamientos al carácter dogmático que generalmente se le da a las ciencias y que de alguna manera ha influido en propuestas de enseñanza de estos saberes¹¹⁹.

En relación con esta categoría, es importante recordar que las discusiones acerca del dogmatismo científicista y las críticas a la sobrevaloración de los conocimientos científicos, se inician con el trabajo en torno al Anexo 3 y se profundizan en la tercera sesión del Seminario, con base en algunos de los planteamientos de los Anexo 4 y 5, en los análisis a las perspectivas epistemológicas de A. Comte y F. Bacon y al texto “Newton y la tradición hermética: entre Planetas y Metales”. Cuestiones objeto de discusión en el segundo y tercer encuentros y presentados por los seminaristas, principalmente en los protocolos 2 y 3, así como en otros escritos que serán citados para cada caso.

Además de lo anterior, como lo señalan los seminaristas en sus protocolos de la segunda sesión, en ésta se da inicio a los debates de la guía de trabajo –Anexo 4 –, denominada “Un acercamiento a la perspectiva epistemológica de S. Toulmin”, de la que sólo fueron objeto de discusión grupal las dos primeras citas; y, aunque cada estudiante presenta completo su trabajo personal a modo de taller, aquí nos ocupamos de lo que “retoman” y “resaltan” de dicha discusión.

Antes de comenzar a ilustrar estas cuestiones debemos aclarar que de los dos planteamientos objeto de análisis aquí nos interesa principalmente el primero, en tanto incentiva la crítica al cientifismo positivista; del segundo, que busca introducir asuntos que relacionan el lenguaje con la construcción de conocimientos, nos ocupamos posteriormente.

Al respecto, Margarita, p:6, justifica así la concordancia con el primer planteamiento del Anexo 4 “...estamos de acuerdo, pues en la actualidad la ciencia es vista como

¹¹⁹ Estas relaciones se tratan ampliamente en trabajos como los de Porlán, R (1993), entre otros.

divinidad, adoramos y mitificamos la ciencia, le adjudicamos actividades sobre humanas, infalibilidad, objetividad, neutralidad” y agrega en tono matizado, repitiendo casi literalmente las palabras de texto discutido “...en general la población en su ignorancia posee una fe ciega en la ciencia y todo lo científico.”; a lo que agrega sin justificación alguna que “*Todo se sustenta en lo científicamente comprobado*”.

Melisa, p:12, refiriéndose a la misma cuestión, en una forma enunciativa que consideramos matizada, dice que “...la mayoría de los asistentes mostró empatía con lo que expresa, que no es más que una fe ciega en los que nos presentan como aprobado o reconocido científicamente, precisamente por falta de una “alfabetización científica que nos haga discernir entre lo que nos conviene o no...”. Jazmín, p:12, también en forma matizada señala que “...en general las opiniones frente a los enunciados fueron a favor, el grupo mostró estar de acuerdo con la idea que actualmente las personas tienen una fe ciega en todo aquello que proviene de la ciencia (Giordan & Vicchi, 1995)”.

En palabras de Simón, p:1, el debate dado “...se refiere a la mitificación que se ha dado la ciencia, al respecto se discute el acuerdo con lo leído y se habla de la influencia parcial de los medios para que esto sea así”. Un enunciado en el cual es posible identificar que este estudiante incluye lo que podríamos llamar razones o justificaciones, cuando se refiere a la *influencia de los medios* de comunicación en la mitificación de la ciencia.

Las discusiones acerca de una posible sobrevaloración de los conocimientos científicos, se traen nuevamente en la tercera sesión del Seminario, con base en las cuestiones planteadas en el texto del Anexo 5 que como hemos dicho, también se relaciona con otras lecturas y discusiones. Estos asuntos son presentados por los seminaristas en el protocolo 3 y de ellos tomaremos sólo algunos enunciados, evitando repeticiones que puedan agotar al lector.

Margarita, p:9, protocolo 3 dice “En la socialización se plantean los siguientes puntos de vista, con respecto a los siguientes enunciados” e inmediatamente pasa a presentarlos, separándoles en viñetas, a modo de “lista” de aseveraciones, aunque matizadas y en algunos casos justificadas. En la primera viñeta, después de transcribir literalmente el primer planteamiento anota “...desacuerdo, porque muestra a la ciencia

como acabada y no en constante construcción, pues es precisamente por la crítica que se han revaluado diferentes teorías; como ejemplo, se hace referencia a la teoría heliocéntrica...”.

En relación con lo anterior agrega “*El enunciado se ha catalogado como dentro de un postura cientifista*¹²⁰ porque muestra a la ciencia, por encima de todo conocimiento, si no es ciencia no se considera válido o confiable...”. Enunciados en los que la estudiante explicita algunas razones o justificaciones para el desacuerdo con lo planteado en el presupuesto en cuestión y para adherir a la caracterización del mismo, como de tipo científicista.

Sobre el mismo planteamiento, Melisa, p:20, anota en forma más escueta, pero no por ello dogmática “*...postura cientifista, la cual afirma que por encima de la ciencia no hay nada y es la postura que se muestra mucho en las propagandas de televisión ‘está científicamente comprobado’* ”. Por su parte Jazmín, p:21, escribe a modo de subtítulo: “*Postura cientifista de la ciencia:*”, después de transcribir el planteamiento en cuestión y precedido de la palabra “Reflexión”, anota en forma un tanto categórica “*...la ciencia es inacabada y está en constante construcción, la crítica que se hace a la misma permite que se reevalúen las teorías*”; no obstante, podemos decir que la alusión a “*la crítica...permite...*”, se insinúa como justificación al desacuerdo del grupo con la aseveración en discusión.

Otro asunto planteado en el Anexo 5, estrechamente relacionado con lo anterior, es el que pone en relación ciencias y progresos; una cuestión sobre la cual Margarita, p:9, justificando el desacuerdo con el planteamiento en debate, dice “*...es una postura idealista, porque cuando el racionalismo se lleva a extremo, se convierte en postura idealista, y aquí se asume que la ciencia lo resuelve todo y lo resuelve bien, y en ocasiones, antes de resolver un problema crea otro, por ejemplo el caso del novel y la dinamita...*”.

Jazmín, p:22, alude al mismo asunto para apartarse del planteamiento en cuestión, en un tono categórico del que dan indicios los subrayados dobles, diciendo “*...es una*”

¹²⁰ Las categorías dadas a los planteamientos objeto de debate –cientificismo, realismo ingenuo, racionalismo, idealismo –fueron tomadas del artículo original que plantea estas cuestiones, Nadeau y Désautels (1984) y dadas a conocer a los seminaristas en el momento del debate o puesta en común de sus comentarios a dichos planteamientos, no antes de iniciar sus análisis.

postura netamente idealista...sabemos que la ciencia no siempre trae al hombre bien común, sus aplicaciones pueden ser destructivas”, aunque es posible hallar matización en “...no siempre trae...” ...y “...sus aplicaciones pueden ser...”

Sobre la misma cuestión, Simón, p:3 dice, que quienes están en desacuerdo aluden a que “...ha sido evidente por los acontecimientos de las guerras mundiales que la ciencia también ha traído destrucción y por ende retrocesos...” y luego, refiriéndose a los avances científicos implicados en dichas guerras, dice en tono matizado “...se comenta en la clase que los responsables de estos desarrollos científicos, eran consientes de lo que hacían”, con lo que posiblemente quiere realzar el carácter racionalista de los planteamientos analizados y justificar el desacuerdo del grupo con las mismas. Queda en duda la adhesión de este seminarista al consenso del grupo.

Es de resaltar que Simón, p:3, antes de los anteriores enunciados anota “...las siguientes ideas son recogidas sin un ordenamiento sistemático, en las que además se presenta una postura personal de quien escribe este protocolo” y luego a modo de síntesis de las discusiones escribe “...se discute que la ciencia no la debemos mitificar, pues en su discurrir hemos encontrado retrocesos que han hecho cambiar de parecer a grandes masas de personas...”, un enunciado en el cual, además de matizar una expresión con carga categórica expresada en “...no la debemos..”, incluye una sustentación, cuyos posibles indicadores están subrayados.

Desde este primer acercamiento a las críticas al racionalismo científico, dirigimos la mirada a la búsqueda de perspectivas que hacen posible hallar lo que Toulmin (2003) identifica como *racionalidad*, es decir, al reconocimiento a las “buenas razones”, a aquello que razonablemente conviene exigir a las ciencias y a las explicaciones científicas, reconociendo el carácter eminentemente humano y cultural de los conocimientos. A los enunciados que aluden a estas cuestiones nos referimos en la siguiente subcategoría.

5.2.2.1.2 En la búsqueda de de otros cánones de científicidad: la racionalidad

Podemos decir que la búsqueda y aceptación de cánones de científicidad, pasa por la crítica al racionalismo a ultranza y por un reconocimiento a que al caracterizar las ciencias en términos de la neutralidad, la objetividad y la asepsia, se niega el carácter cambiante, cultural y humano de las mismas. De igual forma, desde la toma distancia del positivismo y del Método, también se busca trascender el relativismo.

Desde esta perspectiva, Simón, p:3, a continuación del último enunciado que registramos en la subcategoría anterior amplía la justificación al desacuerdo con la *mitificación* de las ciencias diciendo que “...*además, la ciencia no se fundamenta sola, sino que ha tomado recortes de otras dimensiones culturales señaladas como no científicas*”, justificación que incluye cuestiones analizadas en el tercer encuentro con base en el texto de apoyo “*Newton y la tradición Hermética: entre planetas y metales*” y con discusiones referentes al cuestionario del Anexo 3, enlazando asuntos inherentes al científicismo con los cánones de científicidad y con el “Método”.

Acerca del “Método”, en el ámbito de las discusiones del Anexo 3, Jazmín en el protocolo 2, p:12, después de anotar que la actividad propuesta busca “... *explicitar las posturas epistemológicas...*” y que “...*para la socialización del trabajo se pidió justificar...*”, procede a enunciar las “ideas” que en su palabras “...*se pueden retomar*”, paradójicamente las presenta a modo de ítems precedidos por viñeta y dos de las primeras tres “ideas” son enunciadas en forma categórica. En la primera, de manera escueta dice que “*La ciencia tiene multiplicidad de métodos y el Método Científico no es el único que los científicos pueden utilizar*” y, en la segunda afirma que “*Quienes consideran como único método el Método científico, son aquellos de corte racionalista*”.

Respecto a las mismas cuestiones, Margarita, p:6, alude a posibles acuerdos colectivos recogidos en “ideas” que “resalta” y presenta en forma de listado o inventario. En concordancia con Jazmín, se refiere al denominado Método científico diciendo con tono categórico, que “*Estamos altamente influenciados por el Método científico y éste no es el único que podemos utilizar, hay pluralidad en la ciencia*”. Después de calificar el Método como “...*racionalista*”, dice que “*No se debe caer en el dogmatismo, se debe tener otro punto de vista sobre la ciencia*”; un enunciado en el cual lo subrayado puede ser interpretado como indicador de postura dogmática, lo que resulta un tanto paradójico en relación con lo dicho en el mismo.

Cuestiones que Margarita, op.cit., complementa en forma matizada, aludiendo a que *“Desde el punto de vista de Feyerabend sobre el método científico, hay otras formas de conocimiento, aunque tengan rasgos de irracionalidad, pero son válidos y rescatables”*. Aunque, como lo señalamos, esta estudiante lista en forma secuencial las “ideas” que retoma, es posible identificar un planteamiento donde se teje relación entre las mismas, en forma de un cuestionamiento a la polarización de las perspectivas; cuestión que enuncia así *“Se debe encontrar un punto medio para saber si algo es ciencia o no lo es...y para establecer relaciones entre lo científico o no científico...y para pensar esto para qué nos sirve en la enseñanza”*.

Enunciado en el cual es posible inferir una forma de expresión de la racionalidad que denominamos como flexibilidad intelectual, en tanto se plantea allí un cuestionamiento y una búsqueda. Expresión que a pesar de encabezar con un “se debe...” contrasta con los registros de “ideas” en el protocolo 2, los que son en su mayoría de formato categórico, como hemos dicho, a modo de inventario o listado de aseveraciones. Resaltamos la presencia de enunciados con indicios de flexibilidad intelectual con el subrayado discontinuo.

En relación con estos asuntos, Melisa, p:11, después de referirse a Popper, dice *“Para Feyerabend, por su parte, el método científico está lleno de irracionalidad, pues algunos científicos defienden sus teorías así encuentren fallas en el método; es por esta razón que nos hace un llamado pertinente, aduciendo que hay otras formas de conocimiento que como la ciencia, están influenciados por aspectos como lo social, lo ético, lo cultural, etc.”* Además de reconocer en Feyerabend una postura epistemológica alternativa a la de Popper– al decir “por su parte...” –, podemos identificar aquí justificaciones con las pretende sustentar la crítica del primero al Método y el reconocimiento al valor de otras formas de conocimiento.

Sobre estas cuestiones, Azucena p:32 y 33, en el texto que pone en relación los planteamientos de los artículos de Toulmin y de Segura, complementa las críticas a la supuesta objetividad y neutralidad en la construcción de conocimiento, resalta un reconocimiento a lo normativo y, en especial, a la importancia de los acuerdos intersubjetivos en la validación de dichos conocimientos.

Al respecto, coherente con la toma de distancia del cientificismo, escribe en forma matizada “...como se observa, la ciencia es una de las múltiples formas de explicar la realidad que alcanzamos a percibir; pero para que esta forma sea válida, debe someterse el conocimiento científico a criterios de validez”, cuestión que precisa anotando que tales criterios “...no son otra cosa que convenciones adoptadas al interior de comunidades que comparten objetos de estudio similares, y así pueden ser aceptados como teorías científicamente construidas”

Estas cuestiones se relacionan profundamente con discusiones sobre el significado de conceptos como lógica, razón, razonamiento y argumentación, entre otros; debates que serán presentadas posteriormente

5.2.2.2 Del empirismo y el realismo radicales hacia la valoración de una perspectiva representacional del conocimiento

En esta categoría tomamos como punto de apoyo preguntas de Toulmin (1977) ¿De qué fuentes derivan en última instancia nuestros conceptos su autoridad intelectual?, ¿En qué medida derivan nuestros conceptos de la experiencia sensorial?, ¿Deben nuestras pretensiones de conocimiento estar respaldadas por la experiencia sensorial?

5.2.2.2.1 Acerca del empirismo y el realismo ingenuo

Como lo anotamos en los análisis inherentes a la categoría relacionada con las críticas al racionalismo extremo, éste también atañe al carácter de único y exitoso que se ha dado al “Método” en el ámbito de las perspectivas de corte positivista. No obstante, tomamos la decisión de incluir en la subcategoría que ahora nos ocupa, enunciados en los cuales se cuestiona el lugar prioritario que da dicho método a la observación y a experimentación.

En el ámbito de estas consideraciones, volvemos a las anotaciones de Violeta, protocolo 2, p:3, las que arriba dejamos en suspenso y en las que hace referencia a lo

que dice la profesora, “... para Popper el conocimiento no parte de la experimentación. También acoge el positivismo, pero al darse cuenta que está cayendo en el dogmatismo, propone el falsacionismo, en vez de la verificación; por ejemplo la astrología no es científica porque no es falsable”. Si bien incluye matizaciones y justificaciones, como lo indican los subrayados, y no lista las “ideas” separándolas con viñetas, las presenta en un párrafo en el que éstas tienen pocas conexiones explícitas.

Al enunciado anterior Violeta agrega que “Además, Popper hace críticas a la observación como base de la ciencia, para él las teorías tienen un lugar primordial...” y, en otro párrafo, finaliza con un enunciado en el cual se conserva el tono matizado diciendo que “La intuición es muy importante en el conocimiento, no se parte de una mente vacía, según Popper”. Esta estudiante a diferencia de algunos de sus colegas, no hace referencia a los planteamientos de Feyerabend.

Sobre estas mismas cuestiones, Margarita, p:6, respecto a la Epistemología popperiana anota que “...la científicidad no está en la verificación, porque está también en la falsación ‘lo que no sea falseable no es Científico’ (Popper)” y, agrega que “...desde este punto de vista no se consideran científico el marxismo, la astrología y los diferentes planteamientos de Freud”, en tono matizado, que incluye también justificaciones.

La misma estudiante a modo de crítica afirma que “Popper es cientifista y para él la Física es de orden científico por su matematicidad”, un enunciado que a pesar del tono un tanto dogmático para calificar a Popper, incluye en su orden matización y justificación, aunque no profundiza esta última y deja apenas esbozada una relación entre la matematización y las exigencias o cánones de científicidad que propone este epistemólogo y que redundan en “descalificar” saberes que están alejados de modelos matemáticos.

Melisa, p:11 respecto a los mismos asuntos anota que “Popper le da valor a la científicidad y por ende le da mayor relevancia a la física, por su carácter matemático y probatorio” y agrega “se pone en contraposición a la observación, pues lo importante son las teorías y preguntas que guían la observación; la intuición es fundamental y no se parte de una mente vacía ya que siempre hay ideas que guían la construcción de conocimiento”; un enunciado que nos permite identificar algunas justificaciones o

razones de las cuales dan indicios las palabras subrayadas con línea continua. En el mismo sentido y en un tono matizado se pronuncia Simón, protocolo 5, P:8, 9 cuando, con base en otro epistemólogo, dice “...según Toulmin...*la percepción de la realidad está guiada por el conocimiento...*”

Siguiendo con estos cuestionamientos, en sus comentarios a las propuestas epistemológicas de A. Comte y F. Bacon, Azucena, p:18, a modo de crítica y, podríamos decir, de refutación a los planteamientos positivistas, se pregunta “¿...cómo ser observadores objetivos si nuestras percepciones están mediadas y condicionadas por nuestros sentidos y lo previamente aprendido...? Interrogante que retoma en su escrito sobre los artículos de Toulmin y de Segura, en el apartado de comentarios o aportes, donde vuelve sobre estas cuestiones.

En dicho documento Azucena, p:32, con un inicio matizado y luego en forma enfática sin explicación o justificación, anota que “... *contrario a los planteamientos positivistas...que han tratado de objetivar la ciencia, ésta necesariamente está influenciada por las formas particulares de percibir fenómenos y sucesos naturales, por las concepciones y conocimientos previos, y por los intereses y motivaciones de quien trata de elaborar explicaciones*”, anotación que complementa con un enunciado que por su alusión a lo representacional, lo incluimos en la siguiente categoría.

Respecto a estos debates, volvemos a Violeta quien en el aporte personal al protocolo 2, p:5, después de su alusión a la posibilidad de reconocer como científicos “hechos” que han sido “revaluados”, pone énfasis en lo que desde su punto de vista es un consenso producto de las discusiones del segundo encuentro y anota, justificando dicho consenso “...al hacer el análisis de los enunciados de los talleres nos pudimos dar cuenta de la postura que tenemos respecto a la ciencia y me pude dar cuenta que tenemos muy claro que no existe un método único para hacer ciencia”; una conclusión que aunque con cierto énfasis categórico, en el doble subrayado, sustenta tal claridad en los “...análisis” y posteriormente apoya la crítica al Método en un cuestionamiento al lugar dado tradicionalmente a la observación y a la experimentación, cuando dice “...ya que existen fenómenos que no se pueden observar o no se pueden experimentar”.

No obstante la crítica explícita de Violeta al método empirista; nos llama la atención que en su propuesta para la enseñanza, el trabajo final, dice “A través de las prácticas

de laboratorio los estudiantes pueden evidenciar más fácilmente los fenómenos, permitiéndoles explicar más fácilmente los hechos, al contrario que si se dieran explicaciones de manera más abstracta, con lo cual no pueden ver el fenómeno específico". Sin embargo, este enunciado parece que tiene que ver con otros que esta estudiante expresa, por ejemplo, en torno al escrito de D. Segura (1997).

Sobre las cuestiones planteadas por dicho autor, Violeta hace un llamado acerca de la importancia de comprender los cambios en las ciencias y el papel de la razonabilidad en dichos cambios; así mismo, alude a la importancia de tener en cuenta los intereses y necesidades de los estudiantes para plantear las propuestas de enseñanza; no obstante, al final de estos comentarios escribe *"Para concluir, puedo decir que hay que darle un lugar privilegiado a la percepción, ya que cumple un papel indispensable dentro de la ciencias, porque es a través de ésta que podemos describir y explicar todo lo que nos rodea y también porque es por medio de ésta que los alumnos pueden asimilar los conceptos".*

En relación con lo anterior, aunque la estudiante en otras partes de sus escritos alude a la percepción entendida como no aséptica, sino atravesada por concepciones, experiencias o intereses, es posible inferir indicios de una perspectiva positivista en relación con el lugar de privilegio que esta estudiante da la percepción, perspectiva que nos atrevemos a decir, se hace más explícita en lo citado de su trabajo final.

Para cerrar la ilustración de esta subcategoría es interesante presentar lo que dice Dalia, en su reflexión a la propuesta epistemológica de Francis Bacon. Aunque con cuestiones tácitas, ella se refiere a que la respuesta antidogmática de este epistemólogo al racionalismo, se constituye en la vuelta a un dogmatismo, pero de tipo empirista.

Al respecto Dalia, p:7, anota que *"Bacon está convencido que el racionamiento no es el verdadero camino de la ciencia...; él plantea tener un contacto más directo con el mundo natural. En esta medida creo que tenía una postura antidogmática"*, comentario que cierra anotando que *"...pero me deja el interrogante del método científico que él plantea, un poco contradictorio con su propuesta inicial"*.

No obstante lo anterior, en la propuesta de enseñanza, trabajo final presentado por Dalia y Simón, que titulan *"Argumentando sobre los Conceptos Elemento Y Compuesto: cómo se presentan los materiales que conforman el planeta"*, los autores

recurren de una manera un poco confusa al uso de materiales como “cadena de plata” y “agua” para que a partir de lo que denominan problema auténtico, un niño de 12 años se vea inmerso en la posibilidad de argumentar sobre la composición de los materiales y específicamente en torno a los conceptos elementos y compuesto.

Aunque con planteamientos interesantes respecto a la argumentación como ejercicio que los estudiantes “...mejoren habilidades como la reflexión, el análisis y la crítica” y con una propuesta que involucra uso de tecnologías de la información, es posible detectar en ésta el privilegio de la observación, lo que en este caso conlleva a serias confusiones cuando se propone “Tomar elementos que tenemos normalmente en el hogar y hacernos la pregunta: ¿Cómo se presentan los materiales que forman el planeta? Este problema permitirá al niño preguntarse acerca de la composición de las cosas. Para este caso nos enfocaríamos en el agua (compuesto) y en una cadena de plata (Elemento)”.

Sobre las anteriores cuestiones volveremos más adelante; de momento nos interesa señalar la presencia de algunos rasgos de tipo positivista en la Ecología de los integrantes del Seminario, probablemente relacionada con una formación previa con escasa reflexión sobre las construcciones científicas y mucha relevancia a la experiencia como la instancia facilitadora para “ver” la ciencia que se hace; no obstante, como lo hemos presentado son más frecuentes las críticas a esta perspectiva y la presencia de enunciados que permiten inferir posturas contrapuestas al mismo. En lo que sigue agrupamos y presentamos enunciados que sobre la base de una crítica a las posturas empiristas radicales, avanzan hacia consideraciones en las que se prioriza el papel de los saberes y los lenguajes en la construcción de explicaciones.

5.2.2.2 Reconocimiento al carácter simbólico y representacional de los conocimientos y al papel de los lenguajes en la construcción del mismos

Iniciamos los análisis propios de esta categoría reiterando el presupuesto que en la vía de hallar un papel relevante para el lenguaje y especialmente para la argumentación en la construcción de conocimiento es necesario trascender el empirismo radical y

cuestionar el estatus prioritario que da el positivismo a la experimentación y a la observación, en el marco de una concepción de conocimiento como “descubrimiento” de “verdades” universales y trascendentes. Desde nuestro punto de vista, el positivismo lógico ha invisibilizado la función relevante del lenguaje en la construcción de explicaciones y en sus procesos de validación, al dar el lugar primordial a lo eminentemente experimental.

Al respecto Toulmin (1977:23) se pregunta si nuestros conceptos y categorías predeterminan la capacidad de conocer; una cuestión que nos permite establecer relación con el *principio del conocimiento como lenguaje*, propuesto por Postman y Weingartner (citados en Moreira, 2005); un principio que implica reconocer el papel activo y no neutral del lenguaje en todas nuestras tentativas de percibir e interpretar la realidad, asunto profundamente relacionado con lo representacional y que en palabras de los autores citados tiene que ver con el carácter de *perceptor y representador*, de quien pretende conocer o aprender.

Reconocemos que las cuestiones inherentes a estas reflexiones son muy complejas y este nivel de complejidad se expresa como veremos, en alusiones que hacen algunos de los seminaristas a planteamientos del Anexo 5; razón por la cual se intenta profundizar en ellas con base en discusiones en torno a los textos “Experiencia y Explicación”, de Toulmin (1964b) y “Constructivismo: cambio de mirada o cambio de realidad” de Dino Segura (1997), que a su vez enlazan con las críticas al positivismo. Hilos de relación que dificultan la categorización de enunciados, no obstante, tratamos de incluir en esta categoría los que aluden explícitamente a una red de conceptos que problematizan las relaciones entre percepción, realidad, objetividad, lenguaje y conocimiento.

Por ejemplo, Jazmín, p:21, en el protocolo 3 transcribe el segundo planteamiento del Anexo 5 bajo el subtítulo “*Postura desde el realismo ingenuo*” y luego, bajo el subtítulo “*reflexión*”, con un tono categórico que podemos interpretar como indicador de una cierta claridad respecto a las discusiones y extendiendo el asunto a las implicaciones para la enseñanza, escribe “...*la ciencia construye modelos explicativos que nos permiten comprender la realidad, en ocasiones erróneamente se cree que los modelos son una copia de la realidad, pero debemos como docentes de ciencias, ser consientes de que estos modelos explicativos no son reales*”. Cuestión sobre la que vuelve en otros enunciados que más adelante presentamos.

Para Melisa, p:20, el debate no parece dejarle tan claro este asunto, cuando anota en forma matizada “...*postura del realismo ingenuo, pensar que al hablar de la célula o un átomo, es así realmente como son. Es muy complejo hablar de una explicación real...*”. Por su parte, Margarita, p:9, se extiende justificando el desacuerdo con el planteamiento en cuestión y para ello llama la atención sobre la relación entre algunos modelos con los asuntos que pretenden explicar, como en los casos de “El *pensamiento humano*” y la “*célula*”.

No obstante, es posible decir que Margarita, op.cit., también afronta confusiones cuando anota que “...*por ejemplo en el caso de los modelos celulares, el microscopio no puede mostrar todo, o mostrar una situación real, el microscopio cambia la imagen, no es lo mismo ver con luz que sin ella...*”, confusiones que también se pueden detectar en la redacción de algunos párrafos.

En relación con lo anterior, Jazmín, p:24, en el protocolo 3, profundiza el enunciado arriba presentado y lo relaciona explícitamente con una perspectiva contemporánea sobre las ciencias “... *hoy día sabemos que la ciencia es una construcción que trata de explicar la realidad a través de constructos teóricos y que las representaciones que en ella se hacen son modelos análogos que aunque pueden parecer una realidad verdadera, sabemos y estamos consientes de que no existen como entes reales, los átomos, las células y demás modelos que estudiamos y tratamos de enseñar, aunque puedan considerarse como verdaderas, estas son sólo temporales o, en otros términos, son adecuadas en un tiempo y espacio determinados*”.

Con el subrayado llamamos la atención sobre un posible matiz de dogmatismo en su propia postura. Al tiempo que acoge una perspectiva no dogmática sobre las ciencias, al hablar de “*verdades temporales*” y usar expresiones como “...*adecuadas en un tiempo y un espacio determinados*”, especialmente con las expresiones subrayadas se podría inferir que Jazmín considera desactualizadas las concepciones diferentes a las que ella plantea en este párrafo.

En el protocolo 4, Jazmín, P:26, alude a algunas ideas que en sus palabras, se “...*dejaron en claro*” en torno al discusión del texto de apoyo y entre estas ideas anota “*Para Toulmin, hay una interacción entre el mundo y nuestra mente, por lo que cabe pensar que construimos representaciones del mundo que nos permiten explicarlo y*

hacer predicciones; las definiciones, los significados, los conceptos, las ecuaciones, todas ellas son representaciones lingüísticas, lo que deja ver claramente la relación que se establece entre el objeto, el pensamiento y el lenguaje”. Notamos tono enfático, un poco dogmático al final del enunciado; no obstante, sustenta lo anterior aludiendo a que “A medida que el hombre conoce esas representaciones lingüísticas, hace explicaciones sin asombrarse; el asombro es el que ha permitido que se den nuevos interrogantes acerca del funcionamiento del mundo”.

En su “aporte personal” del mismo protocolo 4, Jazmín p:27 se muestra más abierta o quizás con menos claridades, al decir que “La discusión sobre si existe una realidad fuera del hombre o, en otras palabras, si la realidad es una realidad en tanto el hombre la percibe, es un asunto que queda abierto y que quizás posteriormente abordemos para, de esta forma poder adoptar una postura frente al asunto”.

También en el protocolo 4, Azucena p: 26 alude a las mismas cuestiones y, entre las que denomina “*ideas que hilaron la discusión...*”, destaca de manera sustentada que “*Las representaciones del mundo son interacciones entre éste y la mente; así, las cosas del mundo, el pensamiento y el lenguaje utilizado para expresar lo pensado interactúan e inciden en la forma como se explica el mundo*”. Un enunciado que profundiza aludiendo a que “*Existen definiciones, conceptos, formalizaciones matemáticas que son expresiones lingüísticas de dichas representaciones; entonces, en la medida en que se conocen estos lenguajes se pueden hacer predicciones sin asombro, y esto es fundamental para explicar y predecir nuevos interrogantes acerca del funcionamiento del mundo*”.

Margarita, p:15, concuerda con sus colegas en destacar estas relaciones y al respecto anota de manera justificada que los conceptos, ecuaciones y significados “*...son expresiones lingüísticas de nuestras representaciones; en la medida que conozcamos este lenguaje encontraremos mejores explicaciones, ya que las cosas, los objeto del mundo y el pensamiento están siempre relacionados*”. Cuestión a la que vuelve en sus reflexiones personales, aludiendo a un punto en común de las discusiones para destacar de los planteamientos toulminianos que “*...pero cuando buscamos una explicación del mundo, no la podremos encontrar sólo desde el conocimiento cotidiano,...necesitamos apoyo del conocimiento científico, ya que éste nos permite*

mostrar razones, justificar o describir la experiencia desde el lenguaje de las ciencias...”

En relación con estas cuestiones, Azucena, en p:32, 33, en su escrito sobre los textos en cuestión, los de Toulmin y de Segura, en el apartado de comentarios o aportes, retoma y resume principalmente los de este último, respecto a la importancia de reconocer el “...*carácter relacional de las propiedades de los objetos*” y las consecuencias de este reconocimiento, al decir que “... *en este sentido, lo que se logra no es la explicación del mundo, sino la explicación de las representaciones que se elaboran de lo que está afuera o la ´realidad externa´*”.

En dicho escrito Azucena, p:32, en forma sustentada anota “... *Como consecuencia de las múltiples formas de explicación y representación surge la ciencia, que sobra decir, no es la única estructura válida de explicación...*”. Un planteamiento que completa resaltando componentes de subjetividad en la construcción de conocimiento y que nos introduce la siguiente categoría de análisis.

5.2.2.3 Una perspectiva epistemológica moderada y sus posibles implicaciones

En los enunciados hasta aquí analizados es posible vislumbrar el reconocimiento que hacen los seminaristas a una gama de posibles perspectivas epistemológicas, un abanico en la cual ellos sitúan sus propias consideraciones acerca de las ciencias. En esta categoría presentamos expresiones en las cuales los seminaristas hacen explícitas estas consideraciones en enunciados que ponen en relación su representaciones sobre las ciencias con las posibles implicaciones de dichas representaciones; implicaciones que en algunos casos son puestas en relación con los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Resaltamos aquí que los enunciados elegidos en esta categoría se ubican generalmente en reflexiones, posturas personales o conclusiones de algunos protocolos, informes de lectura u otros escritos; y, se puede decir, muestran en mayor nivel la “apropiación” que hacen los seminaristas de las cuestiones propuestas por los autores de los textos de apoyo, así como de los discutidos o socializados en los seminarios.

5.2.2.3.1 Un reconocimiento a la pluralidad de perspectivas epistemológicas y a las ciencias como actividades culturales, sin explicitar desde qué lugar del proceso de enseñanza y aprendizaje lo hace

Nos adentramos en esta categoría con un enunciado de Margarita, protocolo 3, p:13, en el que alude a que *“Conocer las diferentes posturas expuestas con respecto a las diferentes concepciones de ciencia en los diferentes momentos históricos, nos permite realizar una reflexión sobre la forma cómo vemos la ciencia y en qué postura generalmente nos ubicamos...”* y agrega, a modo de crítica, que *“...generalmente nuestra posición frente a la concepción se limita a compartir una postura o criticarla desde una postura actual, desconociendo su posición en el momento histórico y la época en que se desarrolla”*. Enunciado que se dirige a resaltar la importancia de comprender la relación del contexto y situación histórica con la producción científica y la valoración o validación de esta última; quizás también relacionado con la crítica al sueño de Leibniz sobre la unificación de los lenguajes y la racionalidad.

Por su parte Violeta en el aporte personal al protocolo 2, p:5, aunque da prioridad a reflexiones sobre el Método, complementa los aspectos concluyentes con una afirmación que posiblemente pretende reivindicar el carácter cambiante de las ciencias y plantear una postura no dogmática al reconocer científicidad a explicaciones hoy no vigentes: *“...nos pudimos dar cuenta...que la ciencia está en un continuo avance, que lo que hoy puede explicar determinado fenómeno, mañana puede cambiar y no por el solo hecho de haber variado deja de ser un hecho científico”*.

Jazmín, p:14, en el aporte personal de su Protocolo 2, *“ Las posturas epistemológicas que podemos encontrar hoy día, van desde una postura totalmente tradicionalista, como es el caso del racionalismo, hasta una postura totalmente relativista, como la que tiene el epistemólogo Feyerabend, pasando por otras un poco más centradas o equilibradas”*; un enunciado sobre el que vuelve en el Protocolo 3, p:24, para hablar de la importancia que tiene para ella tal reconocimiento *“Es interesante ver, tantas y tan diversas formas de concebir las ciencias, puesto que éstas contribuyen al enriquecimiento de nuestra propia visión sobre la misma”*.

Respecto a significados, estatus epistemológico y a las posibles relaciones entre algunos conceptos y la visión de ciencia, en protocolo 4 de Jazmín, p:28, se lee “...Admitir que existen diversas realidades y diversas verdades, son ideas que nos sacan totalmente de la idea positivista, donde sólo se podía concebir una verdad única” y continúa con una perspectiva no dogmática al decir que “esto amplía nuestra mente y nos da nuevas posibilidades de ver la ciencia, no como aquella de la que emana la verdad sino como aquella que nos da una alternativa, pero no la única para comprender el mundo”.

En este punto retornamos las discusiones del segundo y tercer encuentro del Seminario, para ubicar allí debates y análisis de orden epistemológico en los cuales se prioriza el reconocimiento a una diversidad de formas de conocimiento, a la relación de éstas con las ciencias y, en especial, a la posibilidad de identificar en las construcciones científicas la presencia de elementos o aspectos que en palabras de Simón, p:3, son “...recortes de otras dimensiones culturales señaladas como no científicas”, cuestiones que los positivistas consideran irracionales; pero que como ya la anotamos, aquí son presentados como importantes.

Al respecto Simón, Violeta y Dalia, en un escrito incluido en el portafolio de Simón, p:22, presentan sus puntos de vista acerca de dichas cuestiones con base en el texto sobre Newton y la Tradicional Hermética, y a modo de conclusión anotan “...reconocemos que el conocimiento científico, no debe adoptarse como, único verdadero, y aislado de fuentes como las artes, la astrología y las percepciones mágico-religiosas”; con tono un poco categórico en lo subrayado, reconocen en las ciencias la presencia de fuentes consideradas no racionales y comparten una perspectiva abierta y no dogmática de las mismas.

Dicho enunciado es ampliado y puesto en relación con lo propuesto en el texto de apoyo, al anotar que “... por lo tanto, resaltamos del ensayo que se haga una descripción de los trabajos realizados por Newton” y, a modo de sustentaciones, resaltan que textos como éste “...permiten reconocer que la ciencia por sí sola no se sustenta” y, a modo de ejemplo, que “en un trabajo como el de Newton encontramos muchas cuestiones que son sustentadas con la existencia de un ente sobre natural, Dios”.

En relación con las reflexiones sobre el texto de apoyo nombrado, resaltamos que Simón, Violeta y Dalia no aluden en forma explícita a las implicaciones que tienen para la enseñanza, cuestión que si visibilizan las integrantes del otro subgrupo de trabajo que se conforma para analizar dicho texto, reflexiones que son incluidas en la siguiente subcategoría.

5.2.2.3.2 Perspectiva epistemológica moderada como condición de posibilidad para cualificar la enseñanza y el aprendizaje

En el escrito elaborado por Jazmín, Melisa, Azucena y Margarita, denominado “*Interpretación del texto Newton y la tradición hermética: entre planetas y metales*” – incluido en el portafolio de Azucena, p:21, 22 –, las autoras plantean algunas posibles implicaciones que tienen para la enseñanza de las ciencias, reflexiones de casos como el de la presencia de la alquimia en los trabajos de Newton. Al respecto anotan que “...mostrar otras ramas del conocimiento en las que han trabajado científicos reconocidos..., permite enriquecer la enseñanza de las ciencias”; un planteamiento que sustentan con *razones*, a las que es posible identificar por estar precedidas de la expresión “*en tanto:...*”.

Entre las razones para considerar que estas reflexiones enriquecen la enseñanza de las ciencias, señalan que dichas reflexiones “...permiten mostrar que la ciencia es una construcción humana, reconociendo en el quehacer científico las influencias del contexto en el que están inmersos quienes participan en la construcción, es decir, los científicos...”, “...resaltan la importancia de los hechos al igual que la intuición y los conocimientos previamente adquiridos como base de las ideas que guían dicha construcción” y “...evidencian como la ciencia puede enriquecerse y nutrirse de otros sistemas culturales como la teología, la mitología y la astronomía, entre otros,...”.

Podemos decir que las autoras aluden a la importancia de desmitificar las ciencias y reivindicar su carácter de construcción humana; no obstante, en relación con el “enriquecimiento” de la enseñanza, hallamos que Azucena p:20, es un poco más concreta y contundente cuando comenta la importancia que tiene para los maestros en formación conocer hechos históricos como el de la relación entre Newton y la tradición

hermética, cuando dice que “...nos permite mostrar a los estudiantes, una cara más humana y asequible de la ciencia”...”.

Así mismo, Margarita en el protocolo p:3, resaltando la importancia que desde su punto de vista tienen estas discusiones en la formación de maestros, anota razones para su “visión”, en relación con la enseñanza “...conocer cómo y por qué fueron aceptados los diferentes enunciados y los criterios de validez que les confieren el carácter científico o no, me permite una visión más crítica y una postura más neutral frente a diferentes enunciados, ubicarme en el contexto de la época... me permite entender más fácilmente cada proceder científico y el valor correspondiente para ser enseñando”.

En relación con estas discusiones sobre la naturaleza de las ciencias, nos parece importante aludir a los aportes de Azucena en los inicios del Seminario. En lo que denomina comentarios de su Protocolo 2, p:11, esta estudiante dice “...creo que la discusión generada en la clase es una herramienta para nuestro conocimiento acerca de la ciencia, su evolución, Epistemología y Filosofía, para tomar una postura crítica y constructiva en torno a la labor docente”. Planteamiento que complementa con dos consideraciones que aunque no profundiza, explicitan en forma coherente el valor que da a dichas discusiones.

Una primera consideración es que enseñar ciencias tiene como requisito un conocimiento de la Historia y la Epistemología de las mismas y, la segunda, se refiere a que dicho conocimiento permite “mostrar” las ciencias como construcción humana. En sus palabras “...opino que para enseñar y producir motivación y aprendizaje significativo y funcional en los estudiantes, no basta con tener conocimientos en un área específica de la ciencia, sino que las herramientas mediadoras del aprendizaje, como la Historia y la Epistemología, ayudan a mostrar que la ciencia está cambiando continuamente, que es una construcción del hombre y que además, sirve para situar al estudiante en un pensamiento de intersubjetividad frente a la construcción de conocimiento científico”.

Podemos decir que si bien Azucena pone en términos un tanto instrumentales la Historia y la Epistemología al hablar de “herramientas mediadoras del aprendizaje”, esta visión instrumental se desdibuja al aludir en forma explícita, a modo de justificaciones, a las contribuciones que estos estudios hacen a la comprensión del

carácter humano, provisional e intersubjetivo de los conocimientos científicos; una comprensión que desde su punto de vista es importante tanto para la enseñanza, como para el aprendizaje, proceso al que se refiere de manera explícita en un enunciado relacionado con la conferencia del profesor M. Patty y que incluimos en la siguiente subcategoría.

En relación con estos asuntos, en los “*aportes y comentarios personales*” del protocolo 4, P:29, esta estudiante escribe “*En el trabajo y discusiones de esta sesión, se enfatiza en la validez de las diferentes expresiones o formas de conocimiento que surgen como intentos del hombre por explicar el mundo y en los criterios que los validan de acuerdo con el contextos en los que se pueden aplicar*”. Cuestiones que de manera un tanto enfática pone en relación con su formación como maestra, “*Estas discusiones fortalecen las posiciones y ópticas que tenemos acerca de las ciencias y otros tipos de conocimientos, cosa que considero fundamental para el desempeño de mi profesión, puesto que no se pueden realizar intervenciones en la educación si no se tiene ideas claras acerca de la validez y pertinencia del conocimiento científico y de las situaciones que lo rodean...*”.

Azucena complementa las anteriores reflexiones aludiendo de manera matizada a la necesidad de apertura y flexibilidad en la profesión de educadores “*...entendiendo también que cada quien tiene formas de pensar, representar y explicar el mundo, de acuerdo con sus antecedentes educativos y contextuales y que como profesionales que trabajamos con pluralidad de individuos, debemos ser respetuosos con sus representaciones y explicaciones, reconociendo la riqueza implícita que hay en ellas y utilizándolas de la manera más eficaz para mostrar que aunque la ciencia es importante, no es la que tiene la última palabra...*”.

Respecto estas cuestiones, Jazmín, p:32,33, en su texto “*Consideraciones acerca de las Ciencias: aspectos que un docente de ciencias debe tener en cuenta*”, retoma especialmente a D. Segura (1997), para plantear que “*...hablar en términos de múltiples realidades, trae implicaciones de fondo, pues si no hay una única realidad, no hay una única verdad, no hay una única forma de proceder para conocer, nada se descubre ni se revela, sino que se crea, se construye o reforma; es aquí donde se empieza a abandonar la vieja concepción de una ciencia acabada y enaltecida como fuente de*

conocimiento verdadero, para dar paso a una humanización de la ciencia, de forma tal que sea más accesible para el hombre común”.

Pone lo anterior en conexión con la enseñanza diciendo que “...*esta concepción tiene que tener implicaciones frente a la forma cómo se enseña y se lleva al aula las ciencias; y somos nosotros, los futuros docentes los que estamos llamados a hacer esta reflexión...*” a lo que agrega una anotación en tono flexible y abierto, sobre la complejidad de estas discusiones y la necesidad de volver sobre las mismas “...*es interesante ver esta nueva mirada frente a la ciencia, en verdad que todavía quedan muchos interrogantes, que espero posteriormente poder abordar*”.

En este ámbito de reflexiones, Melisa y Azucena en su trabajo final, p:4,5, también hacen referencia a estas cuestiones y al respecto anotan que “...*la educación en ciencias debe dirigirse a la formación de ciudadanos...*”, cuestión con la que enlazan la importancia que tienen para la enseñanza las reflexiones de orden epistemológico y en la que sitúan, lo que podríamos decir que son para ellas, algunos rasgos que caracterizan las ciencias y que ponen explícitamente en contraposición con la “*visión positivista*”.

Al respecto dicen, op.cit., “*Para alcanzar este objetivo es importante modificar la visión positivista de la ciencia, cosa que se puede lograr si desde las aulas de clase de ciencias se enseña que detrás de los métodos, procedimientos, conceptualizaciones y teorizaciones científicas, la ciencia se constituye y se construye como una cultura en permanente cambio; y que como cultura establecida, está sujeta a sus propios criterios de científicidad, es poseedora de signos y símbolos que codifican su propio lenguaje; las cuales, a su vez, otorgan al discurso científico su particularidad y especificidad*”. Aquí nos parece importante llamar la atención sobre el posible carácter flexible y abierto de algunas partes de este enunciado; así mismo, resaltamos la inclusión, a modo de justificaciones, de cuestiones tomadas de textos leídos por estas estudiantes.

En la propuesta de enseñanza que presentan como trabajo final, al comentar posibles análisis a los componentes del MAT, Jazmín y Margarita vuelven a las cuestiones del ámbito epistemológico y al respecto resaltan el carácter no dogmáticos de las ciencias, cuando dicen “...*la pregunta acerca de las condiciones... bajo las cuales no serían apropiadas las conclusiones, pueden tomarse por el investigador como refutaciones, aunque se reconoce que encontrar formas de refutar este tipo de conclusiones es muy*

complejo, pero es una forma de hacer ver al estudiante que aún en la ciencia se encuentran excepciones". Es de anotar que hacen alusión a refutaciones del tipo "sólo en condiciones ideales".

Con el subrayado resaltamos expresiones que dan indicios de rasgos de racionalidad flexible en este enunciado. Así mismo, llamamos la atención sobre una redacción en la que es posible identificar construcciones propias, caracterizadas por un matiz diferente al que hemos identificado en algunos de los enunciados de estas estudiantes, especialmente de Jazmín, de quien hemos comentado reiteradamente rasgos categóricos en algunos enunciados tomados de sus producciones.

Para concluir la descripción de esta primera categoría en la que incluimos enunciados que dibujan aspectos de orden epistemológico de la Ecología representacional, reiteramos la imposibilidad de cerrar y separar este apartado y reconocemos los lazos de relación con las siguientes categorías de análisis. No obstante, a modo de conclusiones provisionales es posible decir que en general el grupo comparte una postura epistemológica moderada en la que más allá de las críticas a posturas de tipo cientificista, se aboga por la importancia de reconocer que la construcción de conocimiento científico es una actividad cultural y que como tal, sus búsquedas explicativas no están exentas de rasgos eminentemente humanos.

En este sentido también conviene reconocer que como lo anotamos, las posturas de los seminaristas muestran la apropiación que han hecho de las discusiones planteadas en otros seminarios y espacios de formación de su carrera profesional; las que podemos decir, se hacen explícitas a las luz o con el efecto de "reactivo revelador" que podemos adjudicar a los cuestionarios y textos de apoyo que están a la base de las discusiones del Seminario.

Al respecto es importante aclarar que también hallamos rasgos de posturas positivistas, los que emergen y se revelan especialmente en apartes de los trabajos finales, es decir, en las propuestas de enseñanza. Una cuestión que nos permite inferir que las cuestiones del ámbito epistemológico tienen que ver con posturas y principios de difícil "remoción" o cambios y que aunque a la luz de lecturas, debates o conferencias se pueden ver cuestionados, nuestras más profundas convicciones pueden permanecer inamovibles y muy arraigadas.

Así mismo podemos decir que aún en expresiones que aluden a tendencias contemporáneas sobre la naturaleza del conocimiento científico, enunciados en los que se crítica el cientifismo y el dogmatismo que éste le es inherente, es posible hallar que dicha crítica se hace en tono, valga la redundancia, paradójicamente dogmático; en lo que no parece, no se trasciende la apropiación de conocimientos nuevos como verdades incuestionables.

5.2.3 Hacia la construcción de un nicho para la Argumentación en la enseñanza y el aprendizaje

Con base en las discusiones acerca de posibles relaciones de significado entre conceptos como objetividad, realidad, conocimiento y representación, entre otros, es nuestro propósito dirigir la mirada al papel del lenguaje en la construcción de conocimiento, sin que ello implique limitar el enfoque a un único asunto, se busca ampliar los tejidos de relaciones con la inclusión de conceptos como lógica y argumentación, al tiempo que se profundiza en las discusiones de orden epistemológico.

Por ser *lógica* y *argumentación* conceptos vertebradores del Seminario, como lo dijimos, en los dos primeros encuentros se introduce la discusión sobre sus significados y, a partir de estas primeras discusiones, se ponen en relación con otros conceptos y con cuestiones ligadas a la lógica aristotélica, la lógica formal y la lógica sustantiva o no formal. En la base de estos debates están los textos de apoyo ya nombrados y, de manera especial, “El razonamiento y sus Usos” (Toulmin, 1964c), como documento que introduce en forma explícita y anima los debates en torno al MAT, modelo argumental de Toulmin.

Así, en la narración de hallazgos relacionados con el posicionamiento de la argumentación sustantiva en la construcción de la Ecología representacional, situamos la socialización y discusión inicial de algunos significados y las reflexiones alusivas a estas discusiones, para luego dirigir la mirada a cuestiones relacionadas con el Modelo Argumental de Toulmin como estrategia que posibilita orientaciones importantes para los procesos de argumentación; desde esta perspectiva, se analiza su valor como estrategia metacognitiva y como posible sustento teórico y metodológico en la construcción de propuestas didácticas.

5.2.3.1 Entre una pluralidad semántica: aceptación de significados y aprendizaje crítico

Conviene recordar que en el primer encuentro, los estudiantes hicieron el ejercicio de asignar significados, de acuerdo con sus conocimientos, a conceptos clave del Seminario, los que posteriormente fueron consultados en diversas fuentes y discutidos en el segundo encuentro. A estas cuestiones hacen referencia los seminaristas en sus comentarios o reflexiones a dichas consultas; así como, en los protocolos 1 y 2.

Dalia, p:3, en la reflexión a la consulta de los significados de los conceptos, escribe también sus comentarios sobre las actividades del encuentro y al respecto dice, a modo de introducción, en forma matizada y justificando la importancia que da a las mismas *“Creo que la actividad que se desarrolló para comenzar la clase es de suma importancia ya que recoge las ideas previas, tanto comunes como científicas, que tenemos los estudiantes de ciencias...”*

A lo que agrega una segunda justificación *“...Nos permitió investigar al respecto para darnos cuenta que los significados pueden variar desde los diferentes puntos de vista”*; y completa lo anterior anotando que *“...Además rescato la importancia de comentar nuestros significados, para luego construir unos nuevos conocimientos más estructurados y especializados ya que mejora una postura reflexiva, en este caso sobre la importancia de la argumentación”*. Enunciados de los que también es posible inferir las expectativas de Dalia respecto al Seminario, cuestión que se concreta en el significado que elige para comentar *“Respecto al significado de lógica de las ciencias pienso que para poder entender las ciencias, es necesario un orden coherente y apropiado para su estudio guiado precisamente por una lógica”*.

Sobre las mismas actividades, Jazmín p:10, en su reflexión personal sobre la consulta también se refiere en tono matizado a la pluralidad semántica de estos conceptos, la que deduce de lo hallado en diversas fuentes de información y que expresa así *“Las palabras pueden tener múltiples significados, éstos pueden variar de una fuente a otra, incluso en el mismo diccionario se pueden encontrar varios significados, los que varían de acuerdo al contexto...”*.

En el mismo escrito, sobre la primera actividad dice *“Estos términos resultan muy difíciles de definir desde el conocimiento común de las personas, en ocasiones podrían tomarse como sinónimos, como es el caso de racionalidad y razonamiento; sin embargo, si no es posible establecer claras diferencias, lo que si podemos afirmar es que estos términos (lógica, racionalidad, razonamiento, razón, lógica de las ciencias) se encuentran íntimamente ligados, puesto que la acción de alguno pone en función los demás”*. Aunque se muestra un poco categórica en lo subrayado doble, es posible decir que matiza y sustenta.

En el protocolo 1, p:3 Margarita, más que resaltar la pluralidad de significados, destaca algunos de ellos. Al respecto dice que después de compartir en parejas y socializar en el grupo los significados asignados por los seminaristas a los conceptos en cuestión *“...se pudo observar que la mayoría relacionamos los conceptos con la certeza, las formas de pensamiento humano y la forma de realizar planteamientos sobre los hechos y las acciones”*.

Esta estudiante, en sus *“conclusiones”* sobre lo consultado, p:43, 44, en relación con la pluralidad de significados anota, entre otras cuestiones *“...Con respecto a lógica, aunque también podría tener el significado de razón o instrumento para mejorar la capacidad de razonamiento, es considerada un medio que estudia las formas del pensamiento...se define también como ciencia que se aplica en diferentes campos...”*. Al respecto podemos decir que estos significados son tomados casi literalmente de las fuentes, de manera acrítica, no sustentada.

Por su parte Melisa, p:9, en lo que presenta como *“consideraciones finales”* de la consulta, acoge algunos de los significados y, aunque no cita la fuente, los presenta a modo de conclusiones, matizadas y justificadas *“...pero el razonamiento es también el resultado de la actividad mental de razonar, un conjunto de propuestas unidas entre sí que dan apoyo o justifican una idea”* y agrega *“El razonamiento es correspondiente con la actividad verbal de argumentar; por tanto, un argumento es la expresión verbal de un razonamiento”*.

En sus consideraciones sobre el significado de lógica anota *“... es la más formal de las ciencias porque estudia la estructura formal del pensamiento...es una disciplina científica dirigida a investigar leyes y principios que rigen el proceso de adquisición de*

conocimiento en todas sus formas...”; y en un enunciado del que es posible inferir la adopción del punto de vista aristotélico, con un tono un poco categórico, aunque incluye justificación en lo subrayado, dice “*la función de la lógica es ayudarnos a mejorar nuestros razonamientos, proporcionándonos reglas que nos ayuden a evitar errores en la forma o estructura de nuestro pensamiento*”. También es posible identificar aquí a una apropiación muy literal de significados.

Sobre las mismas cuestiones, Violeta, p:29, a diferencia de colegas que resaltan la pluralidad semántica, en su “comentario” a la consulta dice “...a pesar de que se consultó en diferentes fuentes los conceptos no variaban mucho”; enunciado que está precedido de otros en los cuales, además de apoyar lo anterior, muestra una red de significados que ella privilegia y que presenta de manera matizada y sustenta, “Después de consultar en varias fuentes diferentes, me doy cuenta que todos los términos se relacionan entre sí, pero también tienen claras diferencias ya que son distintos procesos que se pueden realizar en la mente humana” y agrega “...estos procesos no funcionan por separado, para poder generar un pensamiento se tiene que hacer uso de la razón, la lógica y la argumentación, para que las ideas que se produzcan sean las más certeras y convincentes”. Resaltamos aquí un tono enfático y su alusión a “certezas”, aunque identificamos y señalamos justificaciones.

En relación con estas cuestiones, Simón p:21, en lo que titula “análisis” a la consulta, acota sus reflexiones al concepto *lógica*, en un tono que el mismo reconoce implícitamente como crítico, cuando al cierre del mismo dice “*Todo esto porque comúnmente se confiere el carácter lógico únicamente a lo que proviene del trabajo en las ciencias; por personas educadas acríticamente en estas reflexiones*”, enunciado con el que nos parece que justifica lo que ha escrito en los “análisis” y que pone en relación con reflexiones del ámbito epistemológico a las que ya hemos hecho referencia y que vale la pena señalar, se corresponden con encuentros y debates posteriores.

La anterior justificación está precedida por enunciados en cuales son notables las matizaciones y sustentaciones “*A mi parecer no existe en ninguna disciplina una lógica absoluta, pues en el recorrido de la ciencia hemos notado como, lo que fue lógico en algún momento luego no lo fue...*”. En especial resaltamos aquí los cuestionamientos y posturas críticas, posibles indicadores de flexibilidad “... ¿por qué las situaciones de orden teológico no se pueden considerar lógicas? Situaciones antiguamente concebidas”

como sobrenaturales, como las fuerzas a distancia, hoy se puede decir que tiene un explicación desde las ciencias; ¿acaso la experimentación y la demostración también se pueden considerar infalibles? Quizás la maquinaria teológica tenga también un método que la sustente”.

En sus aportes y comentarios a los significados hallados, Azucena, p:6, alude a la pluralidad semántica y, aunque lo hace enfatizando con un “debe”, podemos decir que alude a un aprendizaje para la autocrítica “*...al realizar esta consulta me di cuenta de la gran variedad de significados y que no sólo se debe tener en cuenta su definición, sino que también debo ser cuidadosa al hacer uso de ellos, dependiendo, claro está del contexto, para no caer nuevamente en errores de interpretación”.*

En relación con los términos “lógica” y “lógica de las ciencias” en un postura autocrítica que relaciona con su formación como docente, esta seminarista, op.cit., dice “*...me queda la necesidad de profundizar en ellos, puesto que han sido definidos y estudiados desde diferentes perspectivas y creo que necesito conocerlas y estudiarlas más profundamente... y aprenderlas de manera significativa y emplearlas, de acuerdo con mi formación académica, en mi labor docente”.*

Posteriormente, en el protocolo 4, p:28, Azucena “lista” algunas “*...ideas que hilan la discusión*” y, entre otras, respecto a la cuestión que nos ocupa aquí anota que “*La lógica se refiere al razonamiento de las personas, cómo se razona y cuáles razonamientos son válidos. Dentro de ésta se encuentra la lógica sustantiva o no formal, expresada por argumentos sustantivos*”, un enunciado que podemos decir es escueto, no se amplía ni profundiza con otros aspectos de las discusiones del cuarto encuentro; no obstante, nos abre paso para analizar enunciados de los cuales es posible inferir reconocimientos a la importancia de la argumentación sustantiva.

5.2.3.2 En la pluralidad, un lugar para la razonabilidad y la argumentación sustantiva

En este ámbito de consideraciones, conviene anotar que las anteriores cuestiones también son objeto de debate en el tercer y cuarto encuentros, con base en el texto de Toulmin (1964b) y al respecto Margarita en el protocolo 4, p:15 dice “*En relación con*

la postura del autor, surgen las siguientes ideas que son planteadas en la discusión”, y en una de las viñetas o ítems anota, en tono matizado y con justificaciones “...el conocimiento común no cumple los cánones de la lógica formal...pero, por ser un pensamiento lógico tiene sus propios cánones, adecuados para él”. En la última viñeta, aunque precedida por el enunciado que la presenta como relacionada con las posturas del Toulmin, dice en forma dogmática sin comentario o explicación alguna que “La argumentación es un representación externa”.

En relación con las discusiones en torno a los planteamientos de Toulmin (1964b), Jazmín en el protocolo 4, en el que no usa viñetas, alude a la postura no dogmática y no relativista del autor recordando que para éste los cánones de cientificidad aluden a las “buenas razones” que permiten la aceptación de una explicación. Cuestiones que enlaza con enunciados ya analizados en las categorías del ámbito epistemológico y con los asuntos que aquí nos interesa resaltar.

Así, Jazmín, op.cit., con matices y algunas justificaciones, dice “...pero Toulmin da un valor especial al conocimiento científico, el cual radica en su capacidad de predecir, no obstante considera que el sentido común hace uso del razonamiento lógico, pero no de la lógica formal; sus modelos y representaciones utilizan la lógica sustantiva, la cual es una forma de argumentar”. Aunque se refiere a las “ideas” que retoma de la discusión, nos llama la atención algunos niveles de confusión y de contradicción con otros seminaristas cuando anota, a continuación del enunciado anterior, en forma enfática “...teniendo claro que la argumentación es una representación interna que se está dando en la mente de un individuo y que la lógica es el estudio del razonamiento...”.

Sobre las discusiones del texto en cuestión, Toulmin (1964b), Azucena, p:28, en el protocolo 4, usando matizaciones resalta que para el autor “...el conocimiento común no cumple con los cánones de la lógica formal, pero sus razonamientos tienen lógica...el conocimiento de sentido común tiene sus propios cánones, que son lógicos en sí, aunque de manera diferente”, y agrega “...desvirtuado el calificativo de “irracionales” dado por algunos positivistas”.

En el mismo sentido, Melisa p:26 alude a que para Toulmin el conocimiento de sentido común tiene su propia lógica y que en relación con el conocimiento científico,

este autor se pregunta por las “buenas razones” que permiten la validación del mismo; al respecto agrega, a modo de sustentación, que para este autor “...*la respuesta se basa en lo útil, en el sentido de lo adecuado y pertinente; y en que los argumentos sean sustantivos, desde su contexto*”.

Esta estudiante finaliza lo anterior diciendo en forma matizada que “...*sustantivo se entiende como que dichos argumentos llegan a toda clase de público*”, en lo que nos parece, lo *formal* se confunde con lo restringido y lo *sustantivo* con lo asequible a todos. En las consideraciones personales del mismo protocolo retoma la cuestión para reiterar que Toulmin “...*hace una invitación al consenso a través de buenas razones*”

Los asuntos que tienen que ver con la lógica sustantiva, se profundizan en los debates acerca de los planteamientos propuestos por Toulmin (1964c), en un texto en el cual este autor expone apartes de su trabajo más ampliamente difundido “Los Usos de la Argumentación”. Estas discusiones son presentadas por los seminaristas en el protocolo 6, al que adjuntan un escrito que recoge sus propias consideraciones sobre el texto de apoyo en cuestión.

Azucena en protocolo 6, p:39, respecto a la discusión sobre el texto “El razonamiento y sus usos” en forma matizada alude a que “...*Toulmin empieza a proponer un cuestionamiento al a lógica formal, en tanto que los seres humanos no trabajamos con esa lógica...*” a lo que agrega “...*un planteamiento que coincide con teorías contemporáneas como la de Johnson-Laird sobre modelos mentales...*”, aunque no explicita la razón de tal coincidencia.

Jazmín p:41 sobre las mismas discusiones anota que “...*Toulmin, a diferencia de Aristóteles reivindica que lo importante no es la forma sino la sustancia, – aquello de lo que el silogismo habla– ...*”. Enlazando con asuntos epistemológicos, después de referirse a algunos aspectos de la filosofía popperiana, dice que “... *Toulmin, por su parte, resalta el antidogmatismo de Popper, y su modelo argumental está basado en la idea de que no hay criterios universales de validez, habla de buscar las buenas razones...*”.

A continuación hace referencia al MAT, lo describe brevemente y anota “... *luego de esta breve aclaración de lo que es el modelo argumental de Toulmin y como actividad final de esta sesión, retomamos el texto “El razonamiento y sus usos” en el*

cual identificamos, en los ejemplos que allí se plantean, todos los elementos presentes en el modelo". Esta descripción y las reflexiones personales sobre el modelo, las presentamos en el siguiente apartado.

Por su parte, Margarita, p:42, señala, inicialmente en forma matizada y luego un poco más dogmática, que el texto "...nos inicia en las diferentes formas de argumentación, nos aclara que los humanos no razonamos con esa clase de razón", aunque no explicita que esta última se refiere a la "razón" ligada a la lógica formal, lo insinúa al decir que "... este planteamiento coincide con el de Johnson-Laird – modelos mentales – ...utilizamos modelo mentales para dar sentido al mundo...", un enunciado que completa resaltando que el texto "...no adhiere a lógica formal..."

Al respecto Melisa, p:35-37, alude a que en el seminario fueron puestos en común los aspectos más relevantes de texto de Toulmin, aunque centra sus anotaciones en cuestiones de la lógica aristotélica y de la filosofía popperiana, es de resaltar que en las reflexiones personales del protocolo se refiere en forma matizada a que "*En cuanto a la argumentación puedo extraer que se trata de objetivar el pensamiento*"; y más adelante dice que "*Toulmin propone esquemas argumentales para reivindicar que no sólo es importante la forma, como lo plantea Aristóteles, sino la sustancia de la que está hecha dicha argumentación...*".

También Simón, p:10 en las memorias del sexto encuentro alude a las discusiones sobre el documento de Toulmin y al respecto resalta, como un comentario de la profesora, que "...*Toulmin se sale del lógica aristotélica, pues hace un cuestionamiento a la lógica formal, por lo cual hace propuestas que coinciden con planteamientos como los de Johnson-Laird...desde donde se desprende que nuestro razonamiento no se adecua a lo que llamamos lógica formal...*", enunciado en el que señalamos algunos indicadores de sustentaciones, aunque ellas no sean adecuadas desde nuestro punto de vista. También alude en este escrito al MAT, alusiones que presentamos en la siguiente categoría de análisis.

Desde la configuración de algunas condiciones de posibilidad para posicionar la propuesta toulminiana de argumentación o MAT, condiciones como las arriba anotadas, referidas, en un nivel teórico, a la toma de distancia de la lógica formal y un reconocimiento a la importancia de la lógica sustantiva en relación con la construcción

de explicaciones, nos acercamos a las consideraciones valorativas que comparten los seminaristas sobre dicho modelo.

Estas consideraciones hacen parte de la categoría que incluye asuntos representacionales de orden axiológico, en las que los seminaristas expresan sus “valoraciones”; fundamentalmente, con respecto al aprendizaje implicado en el uso de la argumentación y, en particular, del modelo toulminiano como estrategia para el ejercicio de la argumentación y para la puesta en escena de conocimientos en contextos de justificación o sustentación. Incluimos también en esta categoría algunos enunciados alusivos a la valoración que expresan sobre el conjunto de actividades realizadas en este espacio de formación.

5.2.4 Algunos componentes valorativos de la Ecología representacional

En relación con el MAT, conviene recordar que este modelo se discute de manera explícita en el sexto encuentro del Seminario, con base en el escrito de Toulmin (1964c) y un texto de apoyo elaborado por la profesora, en el que se sintetizan aspectos clave de la propuesta toulminiana sobre argumentación sustantiva, tomados especialmente de la versión en portugués de “Los usos de la Argumentación”, Toulmin (2006) y de la página web de la universidad de Nebraska, en la que incorpora una presentación de lo que denominan teoría de la argumentación de Stephen E. Toulmin¹²¹

No obstante, a modo de indicador de los propósitos del seminario, en el primer encuentro se plantean cuestiones relacionadas con el modelo toulminiano, por medio de una estrategias a las que alude Jazmín en el protocolo 1, p:1, quien en forma un poco enfática, aunque con algunos matices y sustentos, dice sobre este primer encuentro “*La parte que más atrajo mi atención fue el tercer momento, donde debíamos plantear una situación problemática, ya que pude evidenciar lo difícil que resulta argumentar una determinada conclusión; se hace evidente que para dar un argumento se necesita tener elementos contundentes tales como un hecho tangible, una ley o un modelo que*

¹²¹ En <http://www.unl.edu/speech/comm109/Toulmin/index.htm>. Consultada en Febrero de 2007.

respalde, si no se está dotado de dichos elementos la conclusión a la que se llega pierde su validez por completo”.

En el portafolio de Azucena, p:4, se halla el trabajo realizado por esta estudiante y su colega Melisa sobre dichas situaciones y, en el comenario final al mismo, anotan que *“...esta actividad deja ver que es indispensable un argumentación sustentada en bases conceptuales sólidas que ayuden a mostrar la correspondencia entre lo que se afirma y lo que lo sustenta. Sobre el mismo asunto, Melisa, p: 4, dice que las discusiones generadas de lo expuesto por cada pareja, deja ver que “...en ocasiones se estaba de acuerdo con los argumentos...en otras, las interpretaciones eran de corte subjetivo, generando inquietudes; mostrando, en un primer acercamiento, la importancia de la argumentación para llegar a conclusiones”.*

Como lo hemos dicho, después de este primer acercamiento y con base en discusiones de orden epistemológico propuestas en los primeros seminarios, en el sexto encuentro se involucran en forma explícita cuestiones relacionadas con el MAT. Estos asuntos son comentados por los seminaristas en enunciados en los cuales se hallan fuertemente imbricados componentes cognitivos y valorativos del la Ecología compartida por el grupo y que analizamos en lo que sigue.

Así por ejemplo, Azucena, p:43, en el protocolo 6 en relación con las discusiones del encuentro, incluye una descripción somera de los elementos que constituyen el MAT y alude a cuestiones introductorias generales de la lógica aristotélica *“Toulmin retoma los silogismos de la lógica clásica que llevan a verdades incuestionables, pero hace hincapié en que las verdades si son cuestionables, y propone la lógica sustantiva o no formal que se aparta de la lógica formal, resaltando que lo importante no es la forma sino la sustancia, es decir, aquello de lo que el silogismo está hablando”*

Esta seminarista mantiene su interés en la relación entre la lógica clásica y la propuesta toulminiana y al respecto, en sus “aportes y cometarios” del mismo protocolo dice, en forma matizada y a modo de reconocimiento crítico a las exigencias de estas reflexiones *“Estaba pensando en escribir acerca de la diferencia entre la lógica aristotélica y la lógica toulminiana, y de los aportes que la primera hizo a la segunda, pero creo que hacerlo sería inmiscuirme en territorios ajenos a mis conocimientos, pues apenas estoy aprendiendo y conociendo...”*. Aquí nos parece interesante destacar

esta perspectiva autocrítica en lo que además, deja pendiente la búsqueda y profundización del conocimiento.

En forma similar Jazmín presenta en el protocolo 6 algunas cuestiones relacionadas con las lógicas clásica y sustantiva, alude también a los elementos del MAT y en su “*aporte personal*” al protocolo, p:42, se refiere al mismo diciendo que “*Un segundo aspecto a resaltar es la importancia de la argumentación en el aula; si bien en ocasiones argumentamos nuestras posturas utilizando los elementos del modelo de Toulmin, de forma inconsciente, es importante que lo podamos hacer conscientemente y de forma adecuada*” y para justificar la importancia dice que “*Esto permite mayor claridad tanto para el estudiante como para el docente, al abordar cualquier principio, ley o teoría*”

Margarita, p/24, alude a las “*conclusiones*” del sexto encuentro y en el protocolo correspondiente anota que “*...una de las mayores dificultades que se nos presentan cuando tenemos que argumentar un planteamiento o una situación problema, es que no establecemos una relación adecuada entre los datos y pruebas y sus conclusiones*”; en lo que podemos inferir, se refiere a los elementos del MAT y a la coherencia entre los mismos. En relación con estos enunciados y los que siguen a continuación es importante señalar un fuerte entrecruzamiento de aspectos consideramos en la anterior categoría, asuntos de orden teórico conceptual de la argumentación toulminiana y los que aquí privilegamos, los relacionados con aspectos valorativos.

En relación con lo anterior, Melisa, p:58, en Consideraciones personales del protocolo 7 escribe “*El modelo argumental de Toulmin se nos presenta para sustentar o argumentar nuestras opiniones o ideas, la importancia radica en la identificación de los componentes de dicha argumentación, para dar cuenta de lo que se quiere expresar*”, frase que repite en el protocolo 8 y a la que agrega, refiriéndose a dichos componentes “*uno de ellos son las garantías, importantes pues son las que sirven de enlace entre datos y conclusión. Así una buena argumentación va a depender de las bases teóricas y conceptuales que tengamos para apoyar una conclusión determinada*”

Por su parte, Violeta en el protocolo 7, p:11, alude a que en la séptima sesión, específicamente con los ejercicios realizados, le quedó más clara la propuesta toulminiana y cada uno de los elementos utilizados para argumentar; y, al respecto anota

“...sin embargo, me sigue pareciendo que no es conveniente utilizar este modelo en todos los casos, ya que puede resultar algo complicado y algunas veces es limitante”; una importante crítica, aunque no explicita aquí el por qué los calificativos “complicado” y “limitante”.

No obstante, esta crítica es reiterada por Violeta, p:50, en el escrito que elabora como avance del marco teórico para su trabajo final, en forma matizada dice *“Con respecto al modelo argumentativo de Toulmin – MAT – a pesar de que permite realizar procesos de razonamiento, no sé si sea conveniente seguir una serie de pasos para llegar a conclusión, ya que puede resultar limitante y no permitir el libre desarrollo de la ideas”*. Cuestión con la que nos parece que esta estudiante llama la atención sobre el peligro de hacer del MAT una herramienta de tipo algorítmico.

Desde otra óptica, en el protocolo 7, Jazmín, p:56, en sus *“aportes personales”* dice que *“Este Modelo argumental, me parece que además de novedoso es doblemente útil, en primera instancia porque puede servir a los docentes como herramienta a tener en cuenta a la hora de preparar la clase, esto permitirá un clase bien fundamentada, con elementos de credibilidad, certeza, verificabilidad y justificación”*; un enunciado en el cual la valoración positiva se sustenta en conceptos como “credibilidad” que tienen que ver con una lógica sustantiva y otros como “certeza” y “verificabilidad” que están más relacionadas con una perspectiva racionalista o de la lógica formal.

Jazmín continua la reflexión sobre lo que llama la utilidad del modelo, resaltando la posibilidad que tiene el MAT de incentivar procesos epistémicos *“...en segunda instancia, al practicar este modelo en el aula, los estudiantes pueden aprender a razonar, o sea a evaluar críticamente las posturas en un determinado contexto, habilidad que necesariamente permite el desarrollo de capacidades como relacionar datos – lo factual– con resultados o conclusiones, a la luz de lo abstracto –modelos, teorías, leyes –, de formas pertinente...”*.

En relación con lo anterior, Jazmín señala el valor del modelo como estrategia que posibilita el aprendizaje significativo *“...todo lo anterior permitirá la construcción de modelos teóricos más elaborados en la medida en que exige el conocimiento de las garantías y sus respaldos y estos a su vez están asociados a otros conocimientos ya establecidos en la estructura cognitiva del estudiante y esta interacción entre el nuevo*

conocimiento y el anteriormente establecido tiene como resultado un aprendizaje significativo”

Esta estudiante en el protocolo 8, p:58, se refiere a la puesta en común de algunos ejercicios que el grupo “*evaluó*” y *sobre los cuales “opinó”*; al respecto señala algunos requerimientos y posibles dificultades “*...durante el desarrollo de las actividades nos dimos cuenta que al momento de hacer una afirmación ésta debe estar bien fundamentada; y esto no es tan fácil como parece, pues haciendo uso del MAT no es suficiente con tener una información que apoye la idea, los datos deben permitir, a luz de las garantías, inferir la conclusión; por ello las garantías no son simple información acerca de lo que se está tratando, sino que debe ser la información suficiente y necesaria*”, finalmente resalta las dificultades del modelo para sustentar una ley o principio, siendo entonces más conveniente para justificar cuestiones que se “*derivan*” de éstos.

En los “*aportes personales*” al protocolo 8, p:59, “*El MAT es una herramienta que nos permite evaluar nuestro conocimiento, identificar nuestras falencias y nuestros vacíos, en cuanto no admite simple información sino que requiere del razonamiento de la misma, pues como dicen Toulmin, Rieke y Janike (1979)...muchas veces damos por sentada una conclusión que parece obvia y no somos conscientes de ese conjunto de razones que la sustentan; esto hace que nuestros conocimientos sean más dogmas de fe en las ciencias que una externalización del razonamiento que elaboramos*”; consideración que resalta el valor del MAT como estrategia metacognitiva, en tanto permite una evaluación del propio conocimiento.

Jazmín, relaciona dicha valoración con asuntos de la enseñanza y, en este sentido, desde nuestro punto de vista perfila el MAT como posible estrategia didáctica cuando dice, “*Dichas características dogmáticas que van adquiriendo las ciencias son las que algunos, como Popper y Toulmin, han querido eliminar y que a pesar de sus esfuerzos, si nosotros como docentes en formación no evaluamos y nos concientizamos de lo que puede suceder, seguiremos multiplicando, en vez de razones, dogmas*”, enunciado que pone en relación asuntos del ámbito epistemológico con los de la enseñanza y el aprendizaje.

Azucena, p:58, en sus “comentarios” del protocolo 7 también resalta el modelo toulminiano y sus posibilidades de uso para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias *“El MAT podría ser utilizado en la clase por el profesor como herramienta didáctica que facilite el aprendizaje y la aplicación de leyes, principios y teorías, sobre todo en las ciencias naturales, dado que hacen uso de matematizaciones y abstracciones que generalmente dificultan el aprendizaje de las mismas y el MAT, por su capacidad explicativa y su diseño permitiría un amplia visualización de su cuerpo y estructura; de la misma forma, en la resolución de los ejercicios y problemas planteados en las clases, constituyéndose en herramienta cotidiana para el aprendizaje de los estudiantes”*.

Respecto a esta valoración Azucena, op.cit., también resalta el carácter situacional y contextual del modelo *“Considero que el MAT, además de ser herramienta didáctica para el aprendizaje de leyes, conceptos y teorías, le da un sentido moderno a cualquier tipo de aprendizaje alcanzado a través del modelo, pues brida la posibilidad de aplicarlos de acuerdo con los diferentes contextos; mostrando que no todos son aplicables a cualquier situación y que para hablar de algo con propiedad, debe hacerse tomado marcos de referencia, tal como se hace en la física y en otras disciplinas”*.

Esta misma estudiante, en el protocolo 8, p:58 vuelve sobre estas cuestiones, resaltando un valor general, que va más allá de las aulas *“Creo que para el ser humano la argumentación es indispensable en cuanto permite la justificación y comunicación de ideas, lo que a su vez se constituye en base para la construcción de culturas...es por ello que el aprendizaje y adecuada utilización del MAT, sirve como canal que facilita y permite que haya comunicación inter e intracultural”*

Con respecto el MAT, Margarita en el protocolo 7 alude someramente a las dificultades identificadas, principalmente en relación con la coherencia entre los componentes del modelo; así como, con el uso adecuado del lenguaje. En el protocolo 8, p:28, en aportes personales dice *“Este modelo puede ser de gran ayuda en la enseñanza de la Física y la Química, ya que aplicando el esquema del modelo lleva a una mejor comprensión del tema dado: sustentar los datos, ver que me sustenta esos datos, llegar a la conclusión y comprender en que caso no se aplica, recoge lo esencial de cualquier tema”*.

Margarita incluye en su valoración aspectos que permiten identificar una relación de aprendizajes conceptuales, procedimentales y actitudinales, respecto a una determinada cuestión, en sus palabras “temas”, al respecto dice que “...permite involucrar e interesar más al estudiante ya que los puede aplicar en la solución de diferentes ejercicios teóricos y prácticos; y recogería, en esta caso, leyes y teorías...por medio de las garantías, de igual forma genera discusiones interesantes alrededor del tema y propicia un mejor comprensión del mismo”.

Aunque un poco más lacónica y, en algunas partes, retomando en forma literal los contenidos de los textos de apoyo, Dalia, P:20, reconoce un valor formativo al trabajo pedagógico en torno a la argumentación, no sólo al MAT, y al respecto anota que “... argumentar y enseñar a argumentar, propicia la formación intelectual y personal, ya que va a permitir a los estudiantes enfrentarse al mundo y a sus realidades, de una manera crítica, reflexiva y contextualizada...permitiendo a cada estudiante controlar y evaluar su propio conocimiento y el gusto por resolver alguna situación, fortaleciendo los vínculos con la vida cotidiana...no dejando de lado la participación adecuada y responsable en nuestra sociedad”.

En relación con el valor pedagógico de la argumentación, resulta también interesante la reflexión de Melisa, p:86, respecto a los textos de apoyos que hablan del discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias, cuando anota “...disiento las ideas D. Kuhn en cuanto a que el diálogo argumentativo exterioriza el razonamiento argumentativo, pues para conseguir este objetivo es necesario primero fomentar dicho diálogo entre estudiantes ya que no para todos es fácil expresar, y más aún en forma verbal, lo que se está pensando...la cultura tiene mucha influencia en la manera como nos expresamos”.

Así, en tono crítico, esta estudiante llama la atención respecto a la necesidad de fomentar en el aula el diálogo argumentativo como condición que hace posible aprender a pensar. Aunque puede señalarse una incompreensión a las ideas de D. Kuhn, resaltamos con Melisa las estrechas relaciones entre representaciones las internas y las externas, reivindicando el valor de lo sociocultural en los aprendizajes.

Hasta aquí, hemos intentado dar cuenta de los compromisos epistemológicos y ontológicos así como de los aspectos valorativos inmersos en los enunciados de los

seminaristas. En todos los casos la enunciación ha venido dada en alguna forma que permite anticipar cierto rasgo de racionalidad en las representaciones que los seminaristas comparten.

En relación con la racionalidad, punto nodal de nuestro trabajo, en lo que sigue presentamos análisis a las argumentaciones que construyen los seminaristas, mediante el modelo toulminiano. Al respecto, conviene recordar que es un propósito del seminario incentivar y promover la flexibilidad intelectual como actitud positiva y deseable, especialmente si el ámbito de la formación de maestros.

Así, con la pretensión de aproximar a los estudiantes al uso intencional de la argumentación sustantiva, el trabajo en el Seminario de lógica se centra en el Modelo Argumental de Toulmin y, para el caso de este estudio, después un proceso de “familiarización” de los estudiantes con la utilización del MAT en asuntos de diversos campos, este uso se vuelca a cuestiones de la Química; a la construcción de argumentos en torno al concepto sustancia.

Un metanálisis de los MAT elaborados en varias sesiones del Seminario, es la vía que nos ha permitido avanzar en la construcción de la Ecología representacional, específicamente en relación con la identificación de elementos de índole disciplinar. Al respecto, en lo que sigue nos acercamos a través de la argumentación y, en este sentido, con base en análisis de la misma, a los hallazgos respecto a posibles modelos explicativos y analogías que usan los estudiantes en torno al concepto sustancia; en un entramado que permite identificar hilos de relación con los asuntos del ámbito epistemológico. Por ser eje vertebral de esta investigación presentamos dichos hallazgos en apartado que nos permita ampliar y profundizar los asuntos relacionados con el MAT.

5.3 Análisis de modelos argumentales de tipo toulminiano – MAT– sus componentes y las relaciones entre los mismos

Con el propósito de identificar los componentes de la Ecología representacional que tienen que ver directamente con el campo de la Química – metacategoría que en la figura 5.1 denominamos Interpretación de redes de significados en torno al concepto de

sustancia –, nos detenemos en los análisis de algunos ejercicios realizados por los seminaristas, tareas en las cuales se pone en juego el esquema o modelo toulminiano de argumentación – MAT – como estrategia metacognitiva y, en este caso, como herramienta de indagación y valoración de algunos conocimientos disciplinares en torno al concepto *sustancia*, sus relaciones de significado con otros conceptos y su potencial explicativo. Asuntos que como veremos, están ligados a cuestiones del ámbito epistemológico.

Al respecto, es de resaltar que en los análisis a los modelos argumentales, buscamos la calidad de la información enunciada en cada uno de los elementos que los constituyen y la coherencia entre los mismos; nos interesa identificar las relaciones de significado implicadas en su estructura. Siguiendo a Lemke (1997) examinamos la presencia y calidad del diálogo científico, diálogo que para este autor se expresa en dos patrones, uno que tiene que ver con la organización representada en la estructura de la actividad o tarea, en este caso del MAT; y, el otro, el patrón temático que da cuenta de la vinculaciones de significados de conceptos en un campo científico específico, en este caso la Química.

En concordancia con estas cuestiones, adherimos a Sardá y Sanmartí (2000) respecto a que aprender una disciplina científica tiene que ver con el aprendizaje de un nuevo lenguaje, lo que implica considerar los aspectos temático y estructural de dicho lenguaje como elementos inseparables que requieren ser enseñados explícitamente en las clases de ciencias.

Con base en las anteriores consideraciones, analizamos la información enunciada en cada uno de los componentes de los MAT, esto es en los datos, las garantías, los respaldos y las refutaciones. Examen que hacemos en dos aspectos, el estructural y el disciplinar conceptual; así, a modo de caras de una moneda, estos análisis nos posibilitan la descripción y comprensión de algunos componentes de la Ecología intelectual que tienen que ver con la Química como campo disciplinar del cual serán enseñantes los maestros en formación que hacen parte de este estudio.

Es importante reiterar que aunque la mayor parte de MAT analizados son construcciones individuales, siempre se enmarcan en el contexto social de una clase, es decir, en ellas se reestructuran las producciones sociales de las que cada estudiante ha

participado; además, como lo hemos dicho, esta tarea implica un esfuerzo de externalización para dar a conocer a sí mismo y a otros, la comprensión que se tiene acerca de un asunto, un conocimiento que se hace explícito en la forma de sustentar una determinada cuestión, utilizando para ello el modelo toulminiano de argumentación.

Desde la perspectiva de la lógica sustantiva y como lo explicitamos en los siguientes análisis, con cada ejercicio se pretende hacer visible la comprensión de un fenómeno o situación, en este caso desde el campo de la Química; de manera que más allá de comprobación o demostración de verdades, cada ejercicio permite poner en uso algunos conocimientos de la Química, con el propósito de sustentar una determinada cuestión.

Como se dijo en la descripción de los asuntos metodológicos, la construcción de los MAT que se analizan en esta apartado tiene como fuente principal un “taller” de química general, Anexo 6, adaptado para los propósitos del seminario, así como otros ejercicios que solicitan en forma explícita la sustentación de respuestas con base en el modelo toulminiano. Es de anotar que estos ejercicios fueron planteados y desarrollados a modo de apropiación de la argumentación toulminiana.

En relación con los análisis implicados en esta parte del trabajo, en el Cuadro 5.1 presentamos **las características halladas**¹²² en las producciones argumentativas del tipo MAT y las diferentes valoraciones asignadas a las mismas. Resaltamos que con estas características describimos cada uno de los elementos: datos, garantías, respaldos y refutaciones y que en coherencia con lo dicho por Lemke (1997), de ningún modo la calidad del argumento es una cuestión sumativa.

En relación con las categorías elegidas es de anotar que la coherencia, en tanto recíproca, se expresa en una dirección y se da por existente en el sentido inverso; así mismo, para evitar confusiones y generalizaciones no convenientes, nos referimos a esta característica usando los siguientes símbolos:

Coherencia con la Conclusión.....C_C

Coherencia con los Datos.....C_D

Coherencia con Garantías.....C_G

¹²² Reiteramos que aquí, lo hallado a diferencia de lo “descubierto” reconoce la presencia de presupuestos teóricos, bieses o sesgos en estos análisis.

Nivel		Notable		Media/parcial		Baja o ausente	
Cualidad							
Pertinencia	P	La información viene al caso, es oportuna o concerniente.	p	Una parte de la información viene al caso o es concerniente al mismo.	pp	La información no se ajusta al caso	np
Suficiencia	S	La información es óptima. Atiende lo requerido	s	–No aplica término medio –	–	La información no es óptima, no atiende lo requerido	is
Necesidad	N	La información es relevante, imprescindible, conveniente o muy útil.	n	Un parte de la información es relevante, imprescindible, conveniente o útil	pn	La información es superflua o irrelevante.	in
Coherencia	C	La información es muy concordante o tiene relación explícita con la del componente en cuestión	c	Sólo una parte de la información es concordante o hay relación implícita con la del componente en cuestión	pc	La información no tiene relación con la del componente en cuestión	ic
Adecuada	A	Desde el punto de vista disciplinar, la información es apropiada – precisa, completa y actualizada –	a	Desde el punto de vista disciplinar, sólo una parte de la información es apropiada.	pa	La información no es apropiada desde el punto de vista disciplinar.	ia

Cuadro 5.1 Cualidades que caracterizan los elementos del MAT, los matices o niveles que puede presentar cada descriptor y las convenciones para la descripción.

Iniciamos la caracterización aludiendo a las cuestiones que son objeto de discusión, es decir, a las conclusiones o respuestas que son sustentadas por medio de los MAT. El Cuadro 5.2 presenta en la primera columna estas aseveraciones; en la segunda, se registra su grado o nivel de adecuación desde el punto de vista disciplinar y, en las posteriores columnas, encabezadas por las iniciales del nombre ficticio de los seminaristas, registramos los modelos que aluden a la defensa de las mismas. Estos modelos se identifican por su contextualización en los portafolios¹²³ – Así por ejemplo, la conclusión 4.1, que es inadecuada, es defendida por los MAT Az 65 y Me 62 – el primero en la página 75 del portafolio de Azucena y el segundo en la página 62 del portafolio de Melisa –.

Conclusión	Adecuada	Fuete Portafolio						
		Ja	Ma	Az	Me	Vi	Da	Si
1.1 El agua de la llave químicamente es una mezcla	A	47	65, 70	51, 59	38, 47	66	19, 23	
2.1 Hay X% porcentaje de sal en B ml de agua – a modo experimento mental, explicitado como problema de lápiz y papel, se plantea hallar porcentaje de sal de cocina en una solución salina –	Pa	61						
2.2 Hay X% de sal de cocina en una muestra de arena y sal de cocina – a modo experimento mental, explicitado como problema de lápiz y papel –	Pa			64				
3.1 Se obtienen 56.3 g de agua a partir de 50 g de oxígeno molecular – problema cuantitativo de lápiz y papel –	A	63				75		
3.2 Se obtienen X g de agua a partir de 50 g de oxígeno molecular – problema cuantitativo de lápiz y papel –	Pa			65	78			57
4.1 El ozono es un compuesto	Ia			75	62			
4.2 El ozono es una sustancia simple	A	74,	84,	85	67	79	28	62

¹²³ Aunque la tabla registra 63 modelos, sólo fueron analizados 60 debido a que algunos ejercicios fueron trabajados en pareja y transcritos en modo idéntico, - es el caso de los ejercicio 5.1 de Az 78 y Me 65, 6.1 de Az 76 y Me 63; y de 7.2 de Az 77 y Me 64

		80	88					
5.1 El agua pura es un compuesto	A	74	87	78	65, 67	72, 80	28	
5.2 El agua es una sustancia simple	Ia							62
6.1 La sal de mar es un compuesto	Ia		85	76	63	79		63
6.2 La sal de mar es una mezcla	A	81	89	85	68	73	28	
7.1 El oxígeno atmosférico es una mezcla	Ia	75	86					
7.2 El oxígeno atmosférico es un compuesto	Ia			77	64			
7.3 El oxígeno atmosférico es una sustancia simple	A					80	29	63
8.1 El peróxido de hidrógenos se descompone en H ₂ O y O ₂ /Se pregunta por las sustancias simples que se obtienen del peróxido de hidrógeno	Ia		80		69			
8.2 Del peróxido de hidrógenos se obtienen Hidrógeno gaseoso y agua pura /Se pregunta por las sustancias simples que se obtienen del peróxido de hidrógeno	Ia							64
8.3 Las sustancias simples que se obtienen del peróxido de hidrógeno son hidrógeno y oxígeno gaseosos	A			79	66	81		
8.4 Los elementos que constituyen el peróxido de hidrógeno son el hidrógeno y el oxígeno	A					81		
8.5 Al peróxido de hidrógeno lo constituyen el hidrógeno y el oxígeno y de él se obtiene agua y oxígeno	Pa	75						

Cuadro 5.2 Las aseveraciones o conclusiones sustentadas en los MAT y su calidad, respecto al descriptor “adecuado desde el punto de vista disciplinar”

Los otros elementos componentes del MAT son descritos, como se muestra en Cuadro 5.3, con los descriptores o características – pertinencia, necesidad, adecuación disciplinar, etc. –; teniendo en cuenta matices de las mismas – notable, medio y bajo–, de manera que cada elemento es descrito por medio de un grupo de rasgos – Ejemplo; pertinente, medianamente apropiado, insuficiente, etc. La síntesis completa para 60 modelos analizados la registramos en el Anexo 7, una tabla que se constituye en fuente de información y de datos refinados que permiten otros análisis y resultados que más adelante presentamos.

Así, caracterizamos cada componente del MAT de acuerdo con las categorías arriba enunciadas y que resumimos en un cuadro como el siguiente, que puede verse completo en el Anexo 7.

MAT	Datos						Respaldo a Datos						Garantías						Respaldo a Garantías						Refutación										
	Notas	P	S	N	C _c	A	Notas	P	S	N	C _d	A	Notas	P	S	N	C _d	A	Notas	P	S	N	C _G	A	Notas	P	C _d	C _G	A						
1.1V 66																																			

Cuadro 5.3 Rasgos analizados en los elementos de los MAT

Como se muestra en los cuadros anteriores, la coherencia con otros componentes y lo adecuada o no de la información contenida, son características ineludibles en los análisis de cada componente del MAT, incluidas las conclusiones. Al respecto, resaltamos que en una primera aproximación, el aspecto conceptual es descrito en forma global, aludiendo al grado o nivel en el cual la información enunciada en cada componente es *Adecuada* desde el punto de vista *disciplinar* y posteriormente la calidad de estos enunciados tiene un análisis más fino, con el propósito de identificar la presencia de conocimiento químico que atiende, entre otros asuntos, las relación entre los ámbitos concreto y abstracto, macroscópico y submicroscópico; así como, entre las entidades o los procesos químicos y sus respectivas representaciones, además de la pertinencia científica y la precisión en dichos enunciados, descripción que se profundiza y amplía en la narrativa que aquí se presenta.

5.3.1 Los MAT analizados: A modo de ejemplos

Para ilustrar la dinámica metodológica implicada en la construcción del Anexo 7, en lo que sigue exponemos algunos hallazgos producto del análisis del siguiente modelo. Iniciamos esta ejemplificación con el ejercicio que denominamos MAT1.1 V 66 – Violeta, p: 66 –, modelo que explicita la sustentación que hace esta seminarista a la afirmación 1.1 “*El agua de la llave es una mezcla*”, cuestión que fue planteada al grupo a modo de discusión sobre si, desde el punto de vista químico, el agua de la llave o grifo es una mezcla o una sustancia pura. Violeta elabora el modelo de la figura 5.2.

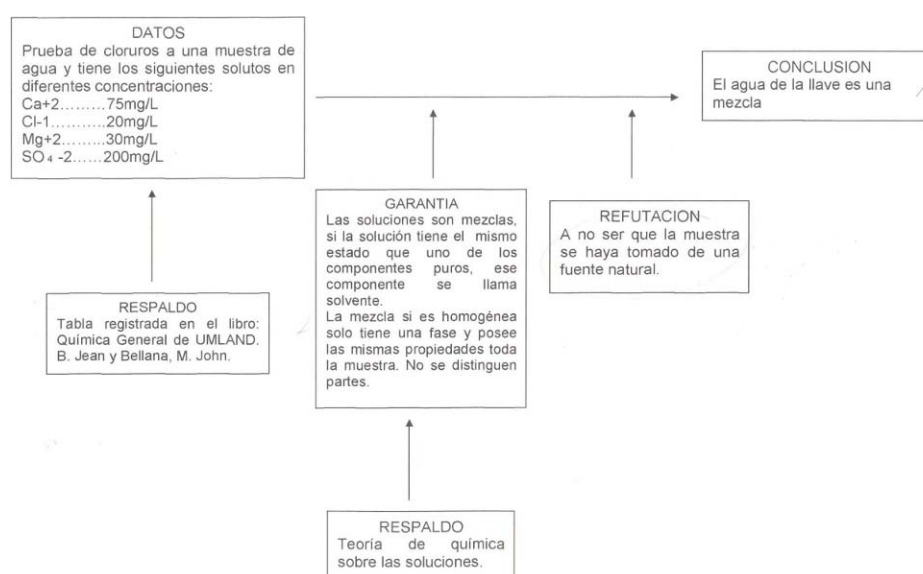


Figura 5.2 Modelo argumental elaborado por Violeta para sustentar que el agua de la llave es una mezcla

En relación con las cuestiones estructurales, es posible decir que éste es un argumento que atiende requisitos mínimos de la argumentación sustantiva, en tanto la tesis es sustentada con base en *datos* alusivos a un caso particular que está inscrito o contenido en una cuestión general, la *garantía*; componentes que a su vez están *respaldados*; así mismo, el argumento explicita las restricciones o limitaciones de la aseveración con una *refutación*. Más allá de estas cuestiones, nos interesa identificar la presencia de algunos factores de calidad en el argumento analizado

Como lo anotamos, en el argumento en cuestión los datos aluden a la descripción de un caso particular respecto a la garantía ya que se enuncia, a modo de descripción cualitativa y cuantitativa, que el agua de la llave es una solución química que contiene varios solutos; un enunciado debidamente articulado con la primera parte de la garantía –“*las soluciones son mezclas*”– y, por lo tanto, conducente a la conclusión.

Al enfocarnos en la información registrada como datos, esto es, en la descripción que se hace del sistema “agua de la llave” como solución, identificamos su **pertinencia** para catalogar dicho sistema como un mezcla y consideramos que es una información **suficientemente** ilustrativa para que mediante el enlace con la garantía, se llegue a la conclusión; así mismo, podemos decir que parte de esta información, especialmente la de tipo cuantitativo, se podría obviar sin afectar su valor como base o apoyo a la conclusión; parte de dicha información **no es necesaria**.

Desde el punto de vista disciplinar, es importante señalar en los datos, imprecisiones como la de aludir a la prueba de cloruros y pasar sin mediación alguna al reporte de iones diferentes a los identificados por medio de dicha prueba. Valoramos el uso de fórmulas químicas para aludir a los iones presentes, no obstante llamamos la atención en la escritura de las mismas, si tenemos en cuenta las indicaciones de la IUPAC; de igual modo, hallamos **no apropiados** los símbolos usados para indicar la concentración.

En relación con el respaldo a los datos, si bien es clara su coherencia con estos, es de resaltar que la información incluida es **necesaria** pero **no suficiente**; en este caso, es deseable una cita bibliográfica completa que permita hallar en el texto citado, la tabla a la que se alude en los datos. Más allá de esto, consideramos importante llamar la atención sobre un asunto implícito respecto a la relación de los datos con su respaldo, es el que tiene que ver la descripción cuantitativa y el registro que a modo de “composición constante” se presenta en un libro de texto¹²⁴, si tenemos en cuenta que no se hace alusión a una muestra particular de agua de la llave, a la que corresponda tal información.

Por su parte, lo enunciado como garantía es un puente que posibilita el paso de los datos a la conclusión, siendo entonces **pertinente** para el caso; además de coherente con

¹²⁴ Conviene precisar que esta estudiante elabora un esta tabla quizás con base en otra del texto citado, en la que se presenta la composición de una muestra de agua de mar en términos de porcentaje en masa de soluto.

estos mismos componentes. Sin embargo, es posible decir que una parte estos enunciados no son relevantes, por ejemplo, resultan **innecesarias** las anotaciones respecto al solvente. Destacamos como **necesario** el enunciado “*las soluciones son mezclas*”, aunque la información es **insuficiente** respecto a la posibilidad de comprender porque el sistema en cuestión es una mezcla y no una sustancia pura, asunto central a discutir.

Aunque la garantía hace un compendio de información que pone en relación mezclas y soluciones, es poco clara la relación con el concepto sustancia pura y aunque éste se menciona, cuando anota “...*si la solución tiene el mismo estado de uno de sus componentes puros...*”, la alusión se deja en un nivel de características macroscópicas tangibles como la “apariencia” de homogeneidad, lo que pone de relieve un conocimiento incompleto que no permite la comprensión mediante el uso de, por ejemplo, un modelo atómico-molecular para establecer diferencias en el ámbito microscópico y con mayor nivel de abstracción. Por lo anterior, la garantía nos parece sólo **medianamente adecuada**.

El respaldo a la garantía lo hallamos pertinente y coherente con la misma; no obstante, consideramos que hace falta hablar de los estudios sobre la composición de los materiales y en lo posible precisar algunas de las investigaciones que aluden a estos estudios. También es deseable que se anote alguna fuente bibliográfica que permita corroborar, ampliar o profundizar lo expuesto en la garantía. Por lo tanto este respaldo **es necesario pero no suficiente**.

En lo que se refiere a la **refutación**, es posible identificar su pertinencia y la coherencia con la conclusión, aunque alude a un caso en el que los datos no aplicarían. Llamamos la atención en la manera como esta refutación “*A no ser que la muestra se haya tomado de una fuente natural*” nos permite un hallazgo importante en relación con una posible confusión entre las “sustancias puras” y sistemas considerados “no contaminados” o “naturales”.

En relación con lo anterior, adelantando los análisis de modelos presentados por los otros estudiante para esta misma conclusión, es posible decir que en general muestran una superación de las confusiones entre los conceptos “agua pura” y “agua potable”, confusión común y frecuente, muy ligada a informaciones difundidas para acreditar la

calidad del “agua” que distribuyen las empresas que presentan el servicio público de acueducto o que venden “agua empacada o embotellada”. No obstante, como lo anotamos, en Violeta p: 66, hallamos una confusión entre la *sustancia agua*, pura desde el punto de vista químico, y el “agua natural”.

En relación con los ejercicios del Anexo 6, nos parece conveniente presentar, como lo hicimos con el ejemplo anterior, algunos cometarios a la caracterización de uno de los modelos propuestos para responder a las cuestiones planteadas en dicho taller. Como en el caso anterior, estos cometarios ponen de relieve que como lo señala Lemke (1997) el análisis del ejercicio, en nuestro caso, de la arquitectura y los contenidos del MAT, va más allá de la suma del análisis de sus partes.

Elegimos el MAT presentado por Dalia, P: 28 – 4.2 Da 28 en la tabla resumen o Anexo 7 – modelo en el cual sustenta que “*El ozono es una sustancia simple*”. Conviene anotar que los enunciados incluidos en el modelo que adjuntamos a continuación, fueron usados por varios de los seminaristas, especialmente lo que corresponde a los datos y su respectivo respaldo:

EJERCICIO 1:

CONCLUSION: El ozono es una sustancia simple

DATOS: O₃

RESPALDO DE LOS DATOS: Tabla de formulas moleculares.

GARANTIAS: definición de sustancia simple: sustancia simple es aquella sustancia que esta formada por átomos del mismo elemento químico.

RESPALDO DE LAS GARANTIAS: Raymond CHANG. Química general. Sexta edición. Editorial Ultra México 1999

MATIZADOR: Presumiblemente

REFUTACIÓN: a no ser que el O₃ se separe por medios físicos

En relación con la arquitectura de este argumento y resaltando que la mayor parte de los enunciados de cada componente del modelo dejan implícita parte de la información, es posible decir que el dato explicitado, la fórmula molecular del ozono, **es coherente** con la conclusión y con la garantía; y que en estas relaciones subyace la asociación entre molécula y sustancia simple, en términos que podríamos llamar de identidad, es decir, que son lo mismo.

Siguiendo con los asuntos de tipo estructural, hallamos coherentes el dato y su respaldo, este último complementa la información del primero aludiendo, de forma

indirecta, a que “O₃” es una fórmula molecular; no obstante, nos parece un respaldo **necesario** pero **no suficiente** para efectos de ampliar o verificar dicha información, en este caso una referencia bibliográfica; además, señalamos que estas fórmulas no necesariamente se registran en tablas específicas.

Ahondando en los asuntos disciplinares, es posible decir que esta parte del argumento alude al ámbito submicroscópico y establece relaciones entre entidades de dicho ámbito – átomos y moléculas–, con representaciones como la fórmula molecular, O₃; aunque ésta no está escrita en forma adecuada – O₃ –. De igual modo, un acercamiento a la **garantía** permite inferir que se plantea una relación entre *sustancia simple* y *elemento*, así como entre este último y *átomo*, en términos de constitución – elemento – átomo que constituye la molécula – sustancia simple –.

Lo anterior parecería dar cuenta de una comprensión del asunto, con base en un manejo medianamente apropiado de lo que se ha denominado un modelo molecular para explicar cuestiones sobre la composición de los materiales; no obstante, el enunciado de la **refutación** nos hace poner en duda lo anterior; en tanto la alusión a separación por medios físicos pone la cuestión en términos de un modelo empírico, no mencionado en los datos ni en la garantía, lo que muestra **incoherencia** espacialmente con esta última.

Podemos decir que la refutación hace alusión al dato, la fórmula molecular, pero lo hace de manera **inadecuada** porque en dicho enunciado la fórmula parece que ya no se refiere a molécula sino a sustancia “tangible”, susceptible de “separación física”; es decir, se ha pasado a un ámbito macroscópico y “concreto”. También nos parece posible, aunque menos probable, deducir que aquí se concibe la molécula como “...separable por medios físicos”; en cualquier caso, desde nuestro punto de vista, el enunciado de la refutación muestra un alto grado de confusiones e imprecisiones conceptuales.

Además de lo anterior, más allá de lo estructural y de las relaciones de significado entre los conceptos para explicar el asunto, nos parece importante señalar que el respaldo a la garantía, aunque es **pertinente** y **tiene coherencia** con esta última, presenta una información que da cuenta de una credibilidad casi dogmática en los contenidos de los libros de texto y hace perder de vista que a las definiciones como la presentada en la garantía están profundamente relacionadas con investigaciones o

estudios que han permitido, como dice Toulmin (1977), que los conceptos y sus significados entren a hacer parte de una población en constante proceso de “selección” y por tanto de cambio. Podemos decir que a esta información subyace una visión ahistórica y dogmática de la Química, que se hace reiterativa en los modelos analizados.

Análisis como los dos que hemos ejemplificado nos permiten la construcción de la tabla resumen Anexo7, a modo de síntesis de los hallazgos en los MAT propuestos por los seminaristas, síntesis que será comentada y ampliada con la pretensión de mostrar el potencial que tienen estos modelos para poner en juego mediante su arquitectura, no sólo elementos útiles para mejorar la competencia argumentativa, sino su valor como estrategia metacognitiva y para la regulación de la enseñanza es decir, su riqueza como estrategia didáctica.

En este sentido queremos señalar que la arquitectura propuesta en el MAT, posibilita una puesta en escena, una organización y un examen de los conocimientos con los que se sustenta una tesis o presupuesto. Sobre el valor potencial del MAT se pronuncian los seminaristas en enunciados que ya presentamos y en lo que sigue justificamos este reconocimiento, explorando el potencial de los modelos como herramientas que permiten hallar pistas sobre conocimientos conceptuales, así como algunos referentes a procesos; y, aunque quizás menos visibles, algunas cuestiones de orden actitudinal y valorativo.

En relación con lo anterior, nos interesa presentar algunos análisis cuantitativos, principalmente, las posibles relaciones entre diversas características halladas en cada uno de los elementos de los MAT analizados y descritos en el Anexo 7. Estas relaciones cuantitativas, restringidas a datos de tipo frecuencia, aunque importantes y enriquecedoras, serán ampliadas y profundizadas con análisis de tipo cualitativo sin el cual, como veremos, se pierde en gran parte el valor de la información contenida en cada argumento analizado.

5.3.2 Sobre las diversas características halladas en los elementos de los MAT

Iniciamos presentando la figura 5.3, en la cual se muestra la frecuencia que tiene cada uno de los rasgos o matices de las características con las que calificamos los diferentes elementos de los MAT. De acuerdo con la tabla Anexo 7, hay MAT que carecen de alguno o algunos de los elementos constituyentes, específicamente del sustento a las garantías y/o las refutaciones; es por esto que en el abanico para cada característica, además de los niveles alto, medio y bajo, incluimos la ausencia de un determinado elemento y la posibilidad de calificarlo, aludiendo a un “no”.

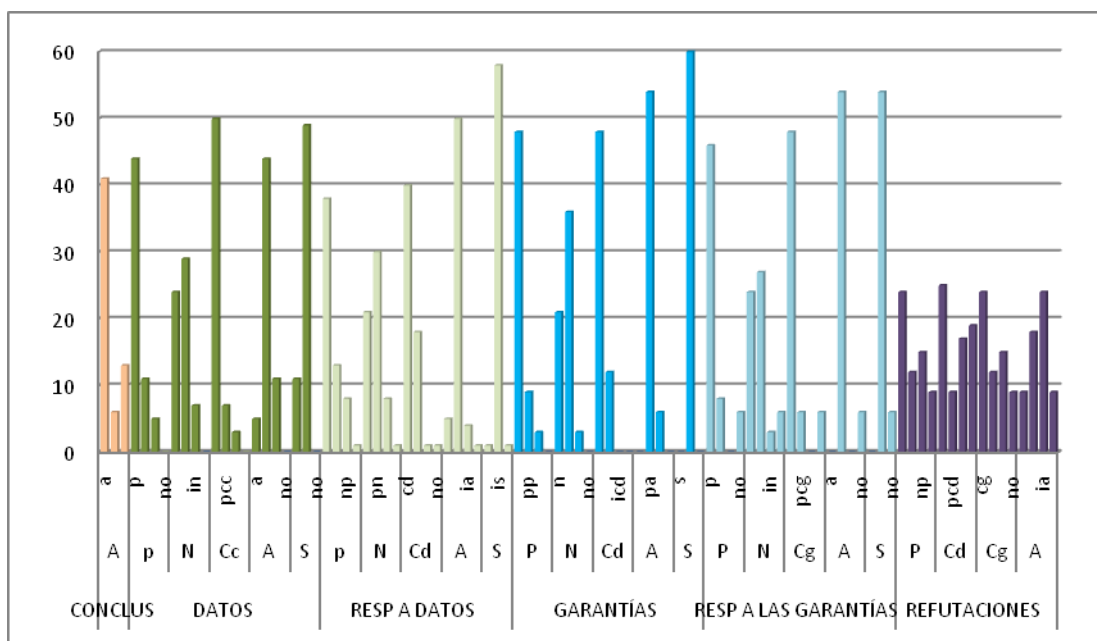


Figura 5.3 Frecuencia de los rasgos o niveles de cada característica en los diferentes elementos de los MAT

La figura 5.3 nos permite comparar la frecuencia de las cualidades y sus niveles, en cada elemento y entre éstos. En ella se hace visible, por ejemplo, que la **coherencia** es la única característica que en todos los elementos, presenta mayor frecuencia para el nivel notable o alto; es decir, son pocos los caso de incoherencias o de coherencia parcial; así mismo, es posible observar que con excepción de la característica **suficiencia**, para los descriptores los niveles notable o medio son más frecuentes que el rasgo bajo.

La misma figura se muestra que además de las garantías, todas carentes de suficiencia, así como en los respaldos a éstas y en respaldo a los datos, es notable la elevada frecuencia de lo “insuficiente”. También es de resaltar que respecto a las cuestiones disciplinarias, excepto en las conclusiones, todos los elementos presentan mayor frecuencia del término medio, parcialmente apropiado – pa –, respecto a los otros niveles de esta característica, apropiado – a – y no apropiado – ia –; igualmente, el rasgo parcialmente necesario – pn – es el más frecuente en todos los casos en los que esta característica, la necesidad, es analizada

Esta primera aproximación global es complementada en lo que sigue, con gráficas que nos permiten enfoques de los descriptores usados, para establecer otras posibles relaciones entre las características halladas. Así por ejemplo, la figura 5.4 se refiere únicamente a la pertinencia y hace visible la frecuencia de cada uno de los rasgos o niveles de esta característica; pertinente – p –, parcialmente pertinente – pp – y no pertinente – np –, en los elementos a los cuales se las atribuimos. Vale recordar que en estas figuras usamos la expresión *no* para indicar ausencia de un determinado elemento.

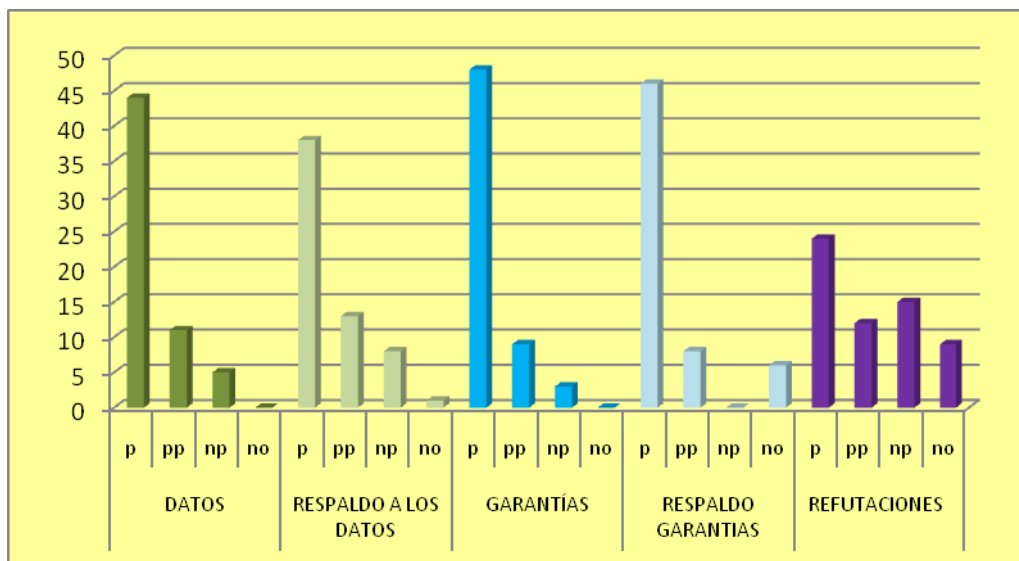


Figura 5.4 La pertinencia: frecuencia de sus rasgos en los elementos del MAT

Es visible en la figura 5.4 que respecto a la pertinencia, en todos los elementos – datos, garantías, respaldos y aún en las refutaciones –, la mayor frecuencia se da para nivel notable – p –, en comparación con los niveles medio y bajo; aunque en las refutaciones esta frecuencia es considerablemente menor, en tanto que la no pertinencia

– np – presenta en ellas, las refutaciones, una frecuencia mayor que en cualquiera de los otros elementos.

La misma figura muestra que en los datos, los respaldos a datos y en las garantías, hay una escala descendiente de frecuencias correspondiente con la escala de niveles notable, medio, bajo y elemento ausente – p, pp, np y “no”, respectivamente –, en tanto que en los respaldos a garantías no se identifican informaciones que carezcan de pertinencia, aunque hay algunos modelos argumentales que no incluyen este elemento; por su parte, en las refutaciones, como ya dijimos, se eleva el número de enunciados no pertinentes y de ausencias. No obstante, es posible decir que los modelos analizados contienen en su mayor parte una información pertinente, esto es, oportuna y concerniente al caso.

Respecto a lo adecuado o no de los enunciados, es decir, examinado desde el punto de vista de la Química que tan apropiada precisa y actualizada es la información usada en los argumentos, vemos en la figura 5.5 que sólo en las conclusiones el rasgo de mayor nivel, es decir, adecuado – a – se presenta con mayor frecuencia que lo inadecuado – ia – o lo medianamente adecuado – pa –; no obstante, nos llama la atención el número relativamente elevado de conclusiones inadecuadas.

Es visible en dicha figura, que la mayoría de los enunciados de los datos, respaldo a datos, garantías y respaldo a garantías, son parcialmente adecuados; sin embargo, en las refutaciones los casos inadecuados – ia – son más frecuentes que los adecuados y los parcialmente adecuados – pa –; así mismo, en comparación con otros elementos, es en las refutaciones donde más hallamos este rasgo – ia –.

Respecto a la misma característica, también es de resaltar que como se muestra en la figura 5.5, no hallamos ninguna garantía plenamente adecuada, lo que resulta preocupante, considerando que es en este elemento donde se despliega el conocimiento disciplinar que en tanto generalización, apoya la conclusión y permite pasar de los datos a la conclusión. Igualmente la gráfica muestra que son escasos los datos adecuados, cuestión que sumada a lo anterior y puesta en relación con la presencia de argumentos que defienden conclusiones inadecuadas, ameritan un análisis que más adelante presentamos.

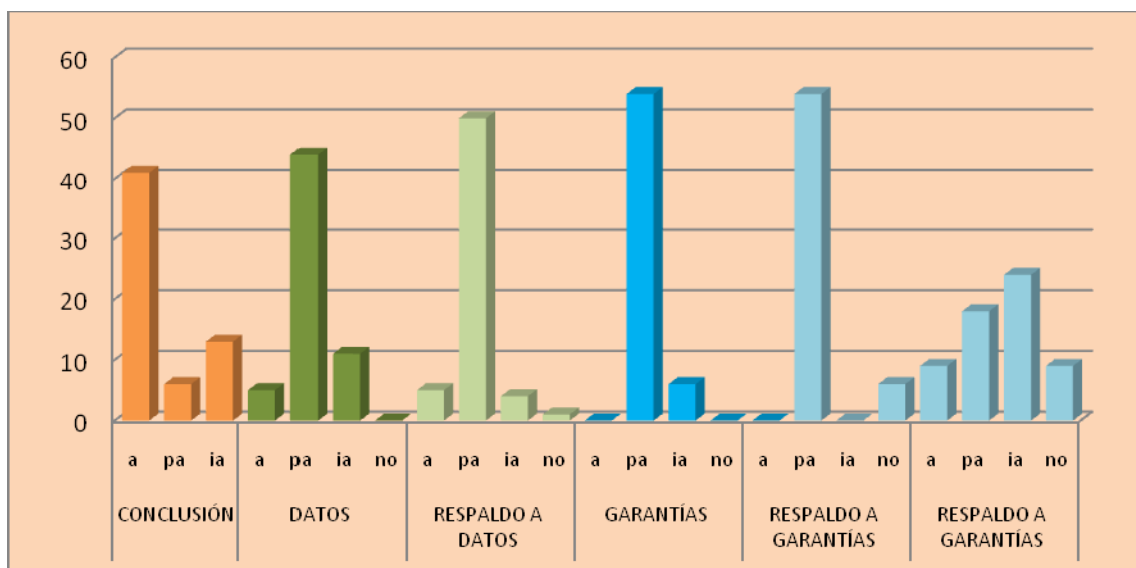


Figura 5.5 Frecuencia de los rasgos que describen que tan adecuada es la información en cada elemento del MAT

Otra de las características que nos permite describir los modelos argumentales, es la coherencia que los enunciados de un elemento establecen o no, con la información de otro elemento del modelo; cualidad que hace posible identificar armonía estructural en los mismos. Al respecto, como se muestra en la figura 5.6, no hablamos de coherencia en general, nos referimos en forma específica, de acuerdo con el elemento en cuestión, a la coherencia con la conclusión – C_c –, la coherencia con los datos – C_D – y a la coherencia con la garantía – C_G –. Señalamos aquí que aunque la gráfica no alude a las conclusiones, es posible hacer referencia a su coherencia con elementos como los datos, teniendo en cuenta la reciprocidad de esta característica.

En la figura 5.6 podemos observar más claramente lo que anotábamos con base en la figura 5.3, respecto a que la coherencia alta es en todos los casos más frecuente que las incoherencias y las coherencias parciales, además de ser la única característica que muestra este comportamiento de mayor frecuencia para el rasgo superior en todos los elementos. En datos, respaldo a datos, garantías y respaldo garantías se observa escala descendente de frecuencias coincidente con los niveles o rasgos, alto, medio y bajo de la coherencia; en las refutaciones vemos que aunque la coherencia alta con datos y con garantías tiene en ambos casos frecuencias mayor que los otros rasgos, las incoherencias son un poco más frecuentes que el término medio y los casos de coherencia plena son significativamente más escasos que en otros elementos de los modelos analizados

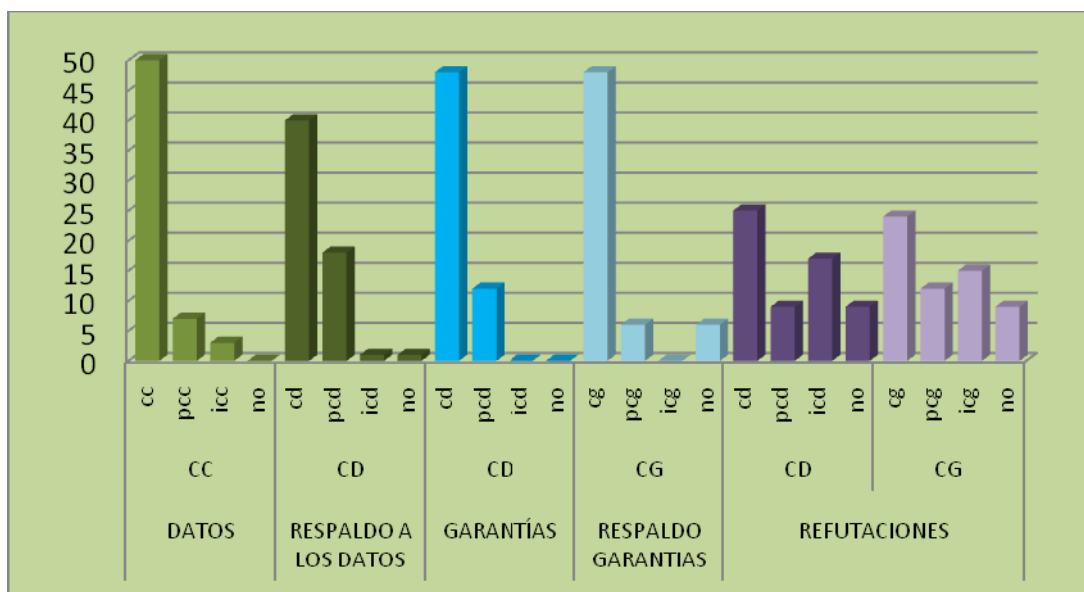


Figura 5.6 La frecuencia de los diversos niveles de coherencia que se presentan entre los elementos de los MAT

Con base en estos primeros acercamientos a los análisis, teniendo en cuenta las características hasta aquí revisadas, es de resaltar que las refutaciones son los elementos que presentan lo que podríamos llamar mayores debilidades respecto a dichas características; una cuestión que vale la pena profundizar y a la que también hacemos alusión más adelante, en un apartado que dedicamos a ampliar e ilustrar estos asuntos. En lo que sigue hacemos referencia a dos características, suficiencia y necesidad, que valga señalar, no aplican en el caso de las refutaciones.

En relación con lo necesaria o no que puede ser una información enunciada, de acuerdo con en la figura 5.7 y como ya lo anotamos, en todos los elementos para los que aplica esta característica, es mayor la frecuencia de informaciones parcialmente necesarias – pn –, aunque es relativamente poca la diferencia con la frecuencia de aquellas que son consideradas plenamente necesarias – n –; así mismo, se hace visible en dicha gráfica que son muy pocos los casos en los que se presentan enunciados completamente innecesarios.

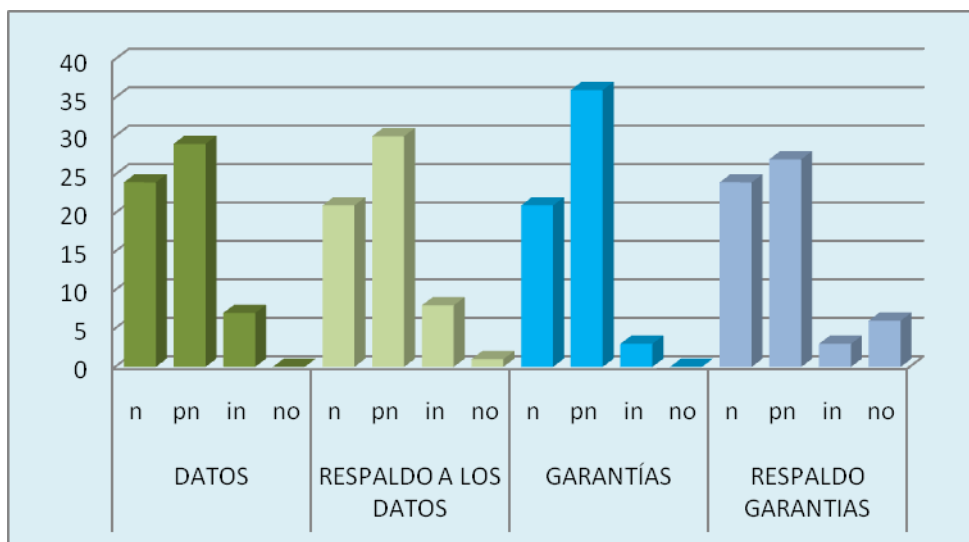


Figura 5.7 Las frecuencias de los diferentes rasgos que describen que tan necesaria es la información incluida en algunos elementos de los MAT

Contraria a la situación anterior, baja frecuencia de enunciados innecesarios – in–, la figura 5.8 que informa sobre la suficiencia, muestra que la mayor parte de la información incluida en los elementos para los cuales esta característica aplica, es una información insuficiente – is –. Como lo notamos al comentar la figura 5.3, vemos en esta nueva representación parcial de los MAT analizados, la figura 5.8, que todas las garantías tienen una información que es insuficiente como sustento para la conclusión.

La mayor frecuencia de información considerada suficiente – s – la presentan los datos, aunque con sólo 11 casos de los 60 analizados; en los respaldos a los datos sólo un caso presenta información suficiente, en tanto que en las garantías y en los respaldos a las mismas no se identifica suficiencia en ningún caso. En este último elemento la información fue siempre insuficiente.

Con el fin de hacer un examen más minucioso a los resultados de la caracterización de los MAT, enfocamos la mirada en cada elemento constituyente y en las relaciones que se pueden inferir de sus características con respecto a las de otros componentes; examen que nos obliga a escudriñar la estructura y el contenido de algunos modelos con los cuales ilustramos nuestras inferencias y presupuestos.

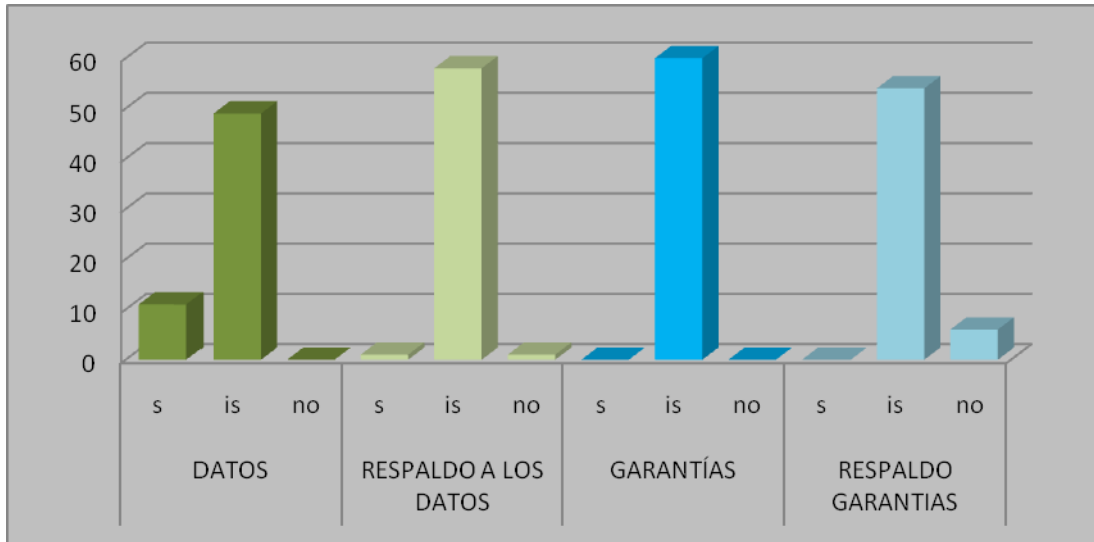


Figura 5.8 Frecuencia de la suficiencia o insuficiencia de la información incluida en algunos elementos de los MAT

5.3.3 En relación con las conclusiones o aseveraciones

Las aseveraciones que son justificadas en los argumentos enlazados, las identificamos en primer lugar por su carácter de **adecuadas** o no, desde el punto de vista disciplinar; en segundo lugar, aunque en forma indirecta teniendo en cuenta la reciprocidad de esta característica, identificamos la **coherencia** con los datos. La figura 5.9 muestra la distribución porcentual de los rasgos hallados en las aseveraciones o conclusiones sustentadas en relación con estas dos características.

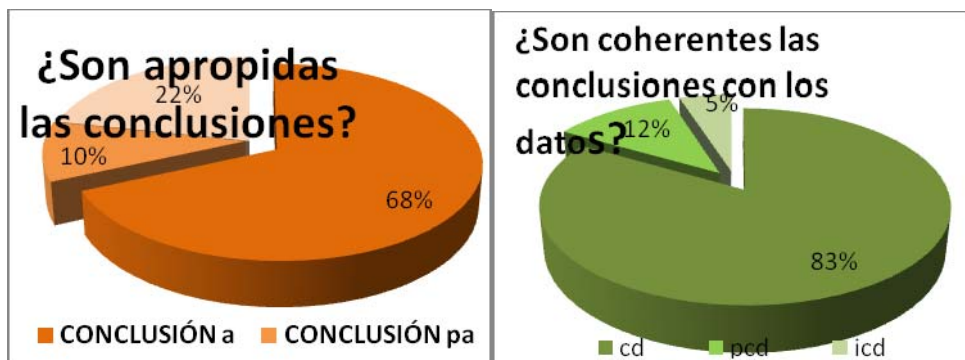


Figura 5.9 Distribución porcentual de rasgos característicos de las conclusiones

Como puede verse en el Cuadro 5.2 y, en síntesis, en la figura 5.5, la mayoría de las aseveraciones sustentadas son adecuadas desde el punto de vista de la Química; no obstante, llama la atención que con una frecuencia relativamente alta fueron construidos argumentos que sustentan cuestiones inadecuadas, lo que nos resulta preocupante al recordar que los seminaristas que participan en este estudio han “cursado” cinco asignaturas del campo de la Química.

Es interesante analizar la presencia de aseveraciones no adecuadas respecto a cuestiones que parecen triviales; por ejemplo, “*El oxígeno atmosférico es una mezcla*”, “*El oxígeno atmosférico es un compuesto*”, “*El agua es una sustancia simple*”, “*El ozono es un compuesto*” y, muy especialmente “*La sal de mar es un compuesto*”, que a diferencia de las anteriores, excepcionalmente sustentadas – en sólo uno o dos argumentos –, como puede verse en la Cuadro 5.2 de este apartado, esta última es una afirmación sustentada o defendida en 5 MAT de los aquí analizados.

Así mismo, señalamos que gran parte de las conclusiones adecuadas son justificadas mediante argumentos que incluyen en otros elementos del modelo¹²⁵, algunos enunciados inadecuados – como lo muestra la figura 5. 10 –; cuestión que como lo planteamos, invita a un análisis minucioso en relación con las sustentaciones que se hacen a una determinada aseveración o conclusión y que nos permite reivindicar el valor de estos modelos como estrategia para indagar y, en cierta forma, develar problemas en la comprensión y el uso de conocimientos químicos, dificultades que de otra forma quizás pasarían inadvertidas por estudiantes y profesores, si sólo se atiende a lo “correcto” o “incorrecto” de una respuesta.

Es el caso del MAT 7.3 Si 63, en el cual Simón sustenta una aseveración químicamente adecuada, “*El oxígeno atmosférico es una sustancia simple*”; no obstante, el argumento usado en la sustentación nos permite inferir que este estudiante no tiene una comprensión apropiada de lo que es una sustancia simple y, por tanto, del porqué el oxígeno atmosférico lo es; a pesar de mostrar dominio de informaciones importantes y pertinentes al caso.

¹²⁵ Al relacionar las características de las conclusiones con las características de otros elementos, excluimos lo referente a los sustentos de los datos y de las garantías, es decir, sólo consideramos los elementos centrales del MAT.

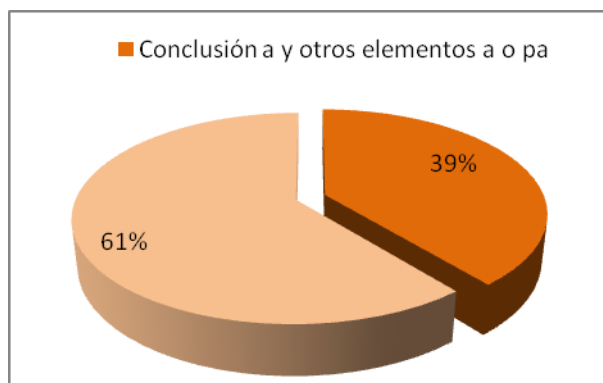


Figura 5.10 Conclusiones adecuadas, en relación con lo adecuado o no de otros elementos

En el argumento en cuestión la conclusión se sustenta con base en datos que aluden a *“Se obtuvo el O_2 de la descomposición del clorato de potasio. Su punto de ebullición fue $-192.86\text{ }^\circ\text{C}$ y hubo consumo total de la muestra”*, información que consideramos, en su conjunto, parcialmente adecuada, pues le falta precisión y coherencia interna. Parece que se confunde sustancia simple con producto de la “descomposición total” de una sustancia compuesta y que a la primera, sustancia simple, corresponden ciertas características particulares como los puntos de ebullición, cuyo valor se hace explícito como dato.

En otra parte del argumento, las garantías, se anota que *“El oxígeno atmosférico es una molécula binuclear estable, con un punto de ebullición y una densidad definidas”*, información inadecuada, en la cual se asignan a la molécula propiedades macroscópicas, de lo que inferimos confusiones explicativas entre los niveles macro y submicro; además, no se aclara que propiedades como punto de ebullición y densidad son relacionales, es decir, que sus valores son dependientes de otras condiciones. Pero, es justo reconocer la alusión apropiada a la estructura de la molécula de oxígeno; así como, a que las sustancias tienen propiedades particulares y específicas.

En el mismo argumento, la refutación alude a que *“a menos que el clorato de potasio estuviera contaminado y se desprendieran otros gases que alteran los resultados”*; anotaciones que además de ser inadecuadas por su falta de precisión respecto a la reacción de descomposición del clorato de potasio y la obtención de oxígeno, parecen confirmar que se considera que el oxígeno obtenido no es sustancia pura si el reactivo del que proviene está contaminado, lo que devela una confusión de

sustancia simple con sustancia pura y de ésta con lo no contaminado, así mismo, es posible inferir que la falta de comprensión adecuada del concepto *sustancia* está ligada con problemas respecto a la comprensión de *cambio químico*¹²⁶. Como se muestra en el Anexo 7, el argumento en cuestión a pesar de referirse a una respuesta adecuada, adolece de dificultades que se reflejan también en la presencia de rasgos como incoherencias e insuficiencias.

De acuerdo con el Anexo 7 y como se muestra en figura 5.9, hay un alto porcentaje de casos en los cuales se combina la presencia de conclusión adecuada con enunciados inadecuados; casos entre los que destacamos la presencia de refutaciones inadecuadas. Como mostramos en el ejemplo anterior, es posible hallar combinación de datos y garantías inadecuadas, sustentado afirmaciones químicamente apropiadas y precisas; un asunto que nuevamente llama a reiterar la importancia de las argumentaciones que a modo de “reactivo revelador”, hacen posible la explicitación de problemáticas en la comprensión cuestiones clave de la Química.

Al respecto, la figura 5.11 permite ver que las conclusiones inadecuadas, en su mayoría se combinan con otros elementos no adecuados; aunque, es de señalar que hallamos un modelo en el cual a pesar de defender una cuestión inapropiada, se hace uso de algunos conocimientos medianamente adecuados. Es el caso en el MAT 8.1 Me 69 en la que Melisa responde en forma inadecuada a la pregunta del Anexo 6 acerca de las sustancias simples obtenibles del peróxido de hidrógeno.

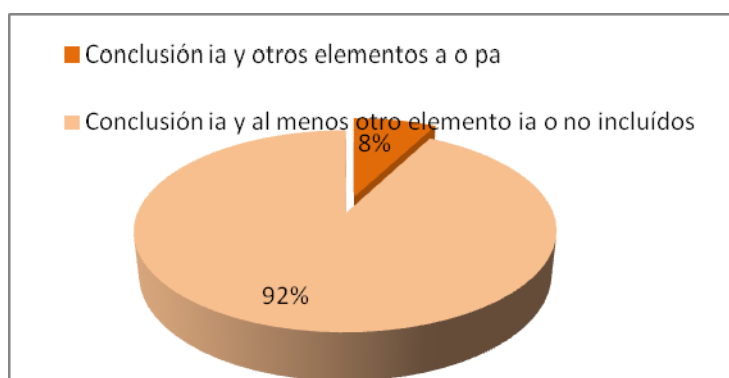


Figura 5.11 Conclusiones inadecuadas en relación con lo adecuado o no de otros elementos

¹²⁶ Cuestión señalada en estudios como los de Furió-Mas, C & Domínguez, C (2007).

En dicho modelo se sustenta como respuesta a esta pregunta que “*El peróxido de hidrógenos se descompone en H₂O y O₂*”; y aunque incluye enunciados adecuados en los demás elementos del argumento y expone algunos conocimientos sobre el compuesto peróxido de hidrógeno, es posible inferir que como en el caso anterior, se confunden productos de la descomposición con sustancias simples¹²⁷.

La misma respuesta es defendida en el MAT 8.1 Ma 80, un argumento en el cual es posible identificar, además de otras dificultades, una redundancia o, podemos decir, una tautología, en tanto lo que afirma en la conclusión es lo mismo que anota en la garantía, elemento en el cual reitera que “*Peróxido de hidrógeno: compuesto químico de hidrógeno y oxígeno. Fórmula de descomposición 2H₂O₂ → 2 H₂O + O₂*”.

En el mismo argumento la estudiante recurre al dato teórico de la fórmula del compuesto en cuestión, H₂O₂, información que respalda anotando que “*Los compuestos se descomponen en sustancias simples y los elementos son hidrógeno y oxígeno*”, una anotación no pertinente como respaldo a dato y que además de la falta de coherencia interna entre las dos partes – una referida en general a “compuesto” y otra concretamente al peróxido de hidrógeno y sus “elementos” constituyentes –, unida a la información de la garantía, permite inferir que en este caso se considera a los elementos como constituyentes del compuesto y a las sustancias simples como productos de su descomposición.

En relación con lo anterior, conviene señalar que en el argumento analizado se alude a que los elementos constituyentes de este compuesto son hidrógeno y oxígeno, una aseveración que aunque parece adecuada, es posible que se corresponda con una confusión del hidrógeno – H – con el hidrógeno molecular H₂ y el Oxígeno – O – con el O₂. Con respecto a la ecuación de descomposición, a la que se refiere en forma inapropiada como “fórmula”, podemos decir que cuida las reglas de escritura química; no obstante, por aludir al ámbito macro y concreto conviene incluir el estado de los reactivos y los productos.

¹²⁷ Nos parece que estas problemáticas pueden tener relaciones con algunas definiciones que se presentan en libros de texto usados por los estudiantes; definiciones que, como veremos, suelen estar ancladas en consideraciones meramente operativas, acerca de sustancias, elementos y compuestos.

En las cuestiones anteriores es posible identificar lazos de relación con los argumentos 1.1 Ma 65 y 1.1 Ma 70, en los cuales se sustenta que “el agua de la llave es una mezcla”. En el primero, en los datos se anota “El agua de la llave, *además de los componentes, hidrógeno y oxígeno; contiene calcio, carbonatos, bicarbonatos, sodio, nitratos...*”, en lo que podemos inferir que se ponen al mismo “nivel” del análisis químico, los constituyentes del compuesto agua y los de la mezcla; se desdibuja la relación entre la “entidad” agua, sus componentes y los constituyentes de la mezcla.

En el MAT 1.1 Ma 70, un intento de cualificar el anterior argumento, los datos aluden a que “*El agua de la llave contiene, además de los elementos que componen la molécula de agua, hidrógeno y oxígeno, calcio, carbonatos...*”, en un enunciado en el que además de reiterar confusiones en los niveles de análisis al poner en relación los elementos como constituyentes de los compuesto y las sustancias constituyentes de las mezclas, se pasa sin restricción al ámbito submicro. Podemos inferir confusiones en la comprensión de las relaciones entre lo concreto y lo abstracto, así como, en las descripciones macro y sub micro y como en los casos anteriores queda la duda de la entidad a la que se hace referencia al hablar de “...*los elementos que componen la molécula de agua, hidrógeno y oxígeno...*” ¿átomos, elementos, sustancia simple?

Como en los casos analizados, hay otros argumentos que ameritan algunos cometarios respecto, no sólo a la conclusión defendida, sino a la relación de ésta con otras partes del argumento, una cuestión de la que nos ocupamos en lo que sigue, priorizando la caracterización de otros elementos; no obstante, en un ineludible entramado o red de relaciones de los constituyentes del argumento, como lo mostramos en los ejemplos anteriores y en los que siguen.

5.3.4 En relación con los datos

La Figura 5.12 hace visible que la mayoría de los datos se caracterizan por un buen nivel de pertinencia y de coherencia, tanto con sus respaldos y como con las

conclusiones¹²⁸; así mismo, se destaca que muchos son total o parcialmente necesarios. No obstante, este elemento del MAT en muchos casos se caracteriza por ser presentar información insuficiente, así como por falencias respecto a lo disciplinar.

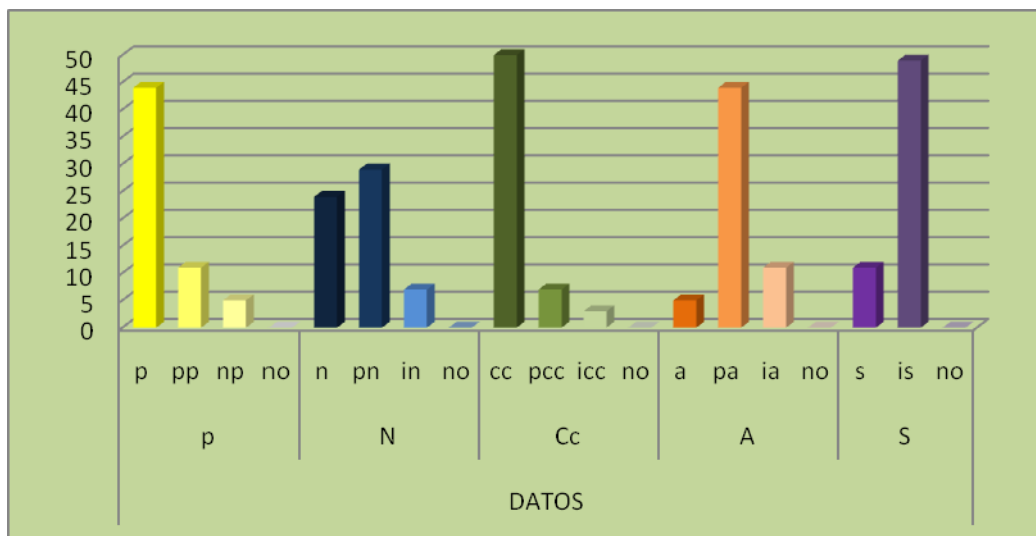


Figura 5.12 Frecuencia de los diversos rasgos hallados en los datos

En un acercamiento a los datos y su articulación con otros elementos del los MAT, nos parece interesante destacar que el uso de estos modelos se constituye en una herramienta que permite poner en uso no sólo conocimientos conceptuales, sino también procedimentales. Es el caso de los MAT 2.1 Ja 61 y 2.2 Az 64 en los cuales se sustenta la respuesta a un problema abierto y cuantitativo, que implica tener en cuenta un proceso “experimental” implicado en la cuestión

En el primer caso, es de anotar que la conclusión 2.1 “Hay X% de sal en B ml de agua”, la consideramos parcialmente adecuada debido a la falta de precisión respecto al problema que la estudiante propone y que indaga por el porcentaje de sal en una solución salina. Se confunden solución y solvente, no sólo en la conclusión, también en una parte de los datos.

¹²⁸Aunque no se registra en la Gráfica 10, es destacable la coherencia de datos con sus respaldos, relación que se visualiza en la Gráfica 4 y que mostraremos más adelante, en algunas anotaciones sobre los respaldos a los datos.

En el Anexo 7 registramos que los datos de dicho argumento son pertinentes, coherentes con las conclusiones y necesarios, aunque insuficientes y sólo parcialmente adecuados. En ellos se anota “*B ml de agua pura, C ml de alícuota de la disolución, evaporación de la alícuota. Z gr de sal en C ml de agua*”. Resaltamos que aunque se explicitan procesos como la toma de alícuota y su evaporación, no se enuncia el proceso de pesaje de la sal obtenida, aunque se alude a éste en el respaldo a los datos, así como, en los cálculos propuestos como garantías y en las refutaciones; sin embargo, no hay descripción de, por ejemplo, las mediciones indirectas que son necesarias en casos como el descrito en este ejercicio.

En relación con lo anterior, podemos decir que los datos son elementos propicios para la explicitación de conocimientos procedimentales, no obstante, como lo anotamos, para el caso en cuestión las refutaciones también dan cuenta de un conocimiento importante en relación con la precisión de las mediciones, en ellas se incluye “*a no ser que se utilice una balanza analítica para pesar las muestras de sal*”, anotación que tiene relación con el respaldo a datos “*Preinforme donde se registran datos... medida gr de sal tomada en balanza de triple brazo*”.

Así, aunque como lo dijimos, en los datos no se alude al cómo ni con qué instrumento se hicieron las mediciones de masas, la refutación reitera, de manera indirecta, que no se usó “*balanza analítica*”, una anotación que consideramos, viene al caso teniendo en cuenta que se trata de un problema cuantitativo, para el cual la precisión del aparato tiene importancia.

Pasando a otro tipo de ejercicios, los de lápiz y papel, entre los que están los relacionados con las conclusiones 3.1 y 3.2, nos parece interesante comentar el MAT 3.2 Az 65, en el cual a pesar de que es posible resolver el ejercicio partiendo de los datos dados en el “problema”, en el modelo se alude al pesaje empírico del “oxígeno atmosférico”, aunque no en los datos sino en el respaldo a los mismos.

En los datos de dicho argumento se anota “*50 g de oxígeno molecular. Hidrógeno atmosférico*” y en respaldo a datos dice “*registro del pesaje del oxígeno*”. Es de señalar que además de lo innecesario que resulta presumir dato empírico, está asunte la alusión a que se requiere suficiente hidrógeno para consumir la cantidad dada de oxígeno en el proceso de formación de agua. Resaltamos también que no se hace referencia específica

a cuestiones como las masas atómicas y molares, datos teóricos usados en los algoritmos registrados en las garantías y para las cuales la tabla periódica puede ser un respaldo pertinente y químicamente adecuado.

Otro caso interesante es el del argumento 4.2 Ma 84 respecto a la aseveración “*el ozono es una sustancia simple*”. Como base de la conclusión se alude datos teóricos “*El ozono está conformado por tres átomos de oxígeno (O_3)*”, un enunciado que remite al ámbito submicroscópico en el cual la sustancia se identifica con la molécula, conformada por átomos, y se representa con la fórmula molecular, O_3 . Estos datos son complementados con una información que se incluye a modo de respaldo a los mismos, sin precisar fuente de información, en la que se anota “*informe realizados sobre composición de ozono, alotropía de oxígeno, de las formas triatómicas, tabla de porcentajes*”.

En relación con lo anterior, podemos decir que en las garantías del argumento en cuestión se incluye una información más relacionada con los respaldos transcritos que con los datos, dado que presentan definiciones de sustancia simple y de alotropía “*sustancia simple: que tiene una composición fija y no se puede descomponer en otras más simples. Alotropía: mutación, cambio. Propiedad de algunos elementos químicos de presentarse bajo estructuras moleculares diferentes*”; definiciones poco adecuadas, que además no permiten establecer lazos claros de coherencia entre los datos y la conclusión. De igual forma, es posible identificar confusiones entre los ámbitos submicro y macro, así como, incomprensión de las relaciones sustancias, sustancias simples y elementos; y, en este caso, de las sustancias simples ozono O_3 y oxígeno O_2 , entre sí y con el elemento Oxígeno O.

En el MAT 4.2 Ma 88, la misma estudiante propone un nuevo argumento para la misma aseveración; en éste acude nuevamente a datos teóricos “*alotropía del oxígeno, forma triatómica del oxígeno*”, enfatizando en la información acerca de ozono como forma alotrópica del oxígeno, dato teórico que respalda aludiendo al “*registro de desarrollo de experiencia en el laboratorio al separar tres átomos de oxígeno: O y O_2 . Aplicación de un chispa eléctrica en las moléculas de oxígeno para formar ozono*”, de forma que lo teórico se respalda en lo empírico, en un informe de laboratorio, no obstante, estas cuestiones se explicitan aludiendo al ámbito de lo submicro, átomos y moléculas, sin las debidas aclaraciones.

También es de señalar que este argumento presenta nuevamente, en las garantías, la información “*ozono: está conformado por tres átomos de oxígeno*” y se alude a “*sustancia simple*” como un significado importante en las mismas. Aunque no incluye tal significado, asumimos el mismo del MAT anterior, “*sustancia simple: que tiene una composición fija y no se puede descomponer en otras más simples*”. Así, podemos inferir que la primera parte de la garantía es redundante con los datos “*forma triatómica de oxígeno*” y “*formado por tres átomos de oxígeno*”; en la segunda parte, referida a la definición de sustancia simple, hallamos una contradicción con la descripción de la composición y descomposición del ozono, a la que se alude principalmente en el respaldo a datos.

Una cuestión que nos parece importante comentar en este apartado, aunque se refiere a la refutación del argumento en cuestión, es que se usa para refutar la expresión “*a no ser que en la posteridad, los análisis con otros instrumentos de medición den a conocer otros resultados*”, un enunciado en el que parece que se retoma, de cierta manera, un planteamiento de Lavoisier, al que nos referimos en el capítulo correspondiente al devenir del concepto sustancia, comentado también en el seminario, en que el científico se refiere a las sustancias simples como límite del análisis químico.

Esta alusión al análisis empírico permite a Lavoisier anticipar posibles refutaciones. Al respecto anota que los cuerpos simples son los que no se pueden descomponer o separar en otros, al menos, con los medios y conocimientos existentes en la época; en sus palabras, tomadas del Discurso preliminar al Tratado Elemental del Química, dice “...debemos considerarlos cuerpos simples y no compuestos hasta que la experiencia y la observación demuestren lo contrario”.

Al respecto podemos inferir que en el argumento en cuestión se presenta una confusión entre los significados de elemento, sustancia y sustancia simple. Se alude en las garantías al significado lavoisieriano de sustancia simple; no obstante, se pone en relación dicho significado con la noción de alotropía, noción más acorde con el concepto de elemento de Mendeleiev. Resaltamos también la alusión a la descomposición del ozono para obtener oxígeno, cuestión que como lo anotamos arriba,

contradice el significado operativo de límite del análisis y que sin embargo, no es objeto de consideración en la sustentación de la aseveración en cuestión¹²⁹.

En relación con lo anterior, destacamos que en los datos registrados es posible identificar confusiones respecto a las representaciones en lenguaje químico, es decir, los nombres de las sustancias y sus fórmulas, los elementos y sus símbolos; una confusión que se extiende a las relaciones entre estas representaciones y las entidades representadas; es el caso de los argumentos aquí presentados, que tratan acerca de los componentes del agua y del peróxido de hidrógeno, así como de las sustancias que podrían obtenerse de su descomposición.

Siguiendo con los datos, como lo anotamos, es posible identificar que en general aluden a informaciones sobre el caso particular del que habla la conclusión, información que algunas veces es del ámbito teórico como en el caso de la recurrencia a fórmulas o ecuaciones químicas, así como, a posibles “experiencias” que sustentan estas informaciones, como en los casos alusivo a la formación y descomposición de las sustancias ozono y agua. En otros casos, los datos aluden a cuestiones empíricas, aunque de una forma que podemos denominar de “experimentos mentales”, en los que como dijimos, se ponen en juego conocimientos procedimentales y conceptuales.

Si tenemos en cuenta que la selección y consideración de los datos es un paso importante en cuestiones como resolver problemas de lápiz y papel y elaborar informes tradicionales de laboratorio, ejercicios que son “familiares” para los estudiantes, nos resultan preocupantes las falencias detectadas en este componente, especialmente en casos en los que los datos son redundantes con la conclusión o con la garantía.

Por ejemplo, 4.2 Vi 79, sustenta que el ozono es una sustancia simple, anotando como dato “ozono”, no obstante, en el respaldo a este dato complementa la información anterior diciendo “*Molécula formada por 3 átomos de oxígeno (O₃)*”, complementación que nos lleva a inferir que quizás por no estar familiarizados con la necesidad de definir un respaldo a los datos, se es susceptible de una confusión en la forma de presentar estas informaciones, de modo que en vez de un sustento, fuente o punto de apoyo a los datos,

¹²⁹ Conviene aquí anotar, aunque será discutido con mayor profundidad al hablar de las garantías, que las confusiones arriba planteadas pueden estar relacionadas con el tratamiento que los libros de texto, citados por los seminaristas, dan a los conceptos químicos objeto de nuestros análisis.

se alude a ampliación de los mismos. Sobre estas cuestiones nos detendremos en el siguiente apartado.

5.3.5 Los respaldos o sustentos a los datos

Como lo anotamos, en los MAT analizados es posible identificar alusión a datos que podríamos llamar empíricos o experimentales y otros del ámbito teórico. En relación con unos y otros, es posible hallar respaldos en los que se alude a alguna **fuentes** que permite corroborar y ampliar la información en ellos incluida, esto es, se nombran por ejemplo “*registros de laboratorios...*”, “*registro del peso de...*”, “*pre informes de laboratorio*”, “*tabla de fórmulas moleculares*”, “*tabla registrada en libro de química*”, entre otros. Una información que como se muestra en la figura 5.13, es en la mayor parte de los casos pertinente y coherente con datos; no obstante, con mucha frecuencia resulta insuficiente, innecesaria y, desde el punto de vista disciplinar, sólo parcialmente apropiada.

Así por ejemplo, el MAT1.1 Me 47 sustenta los datos, alusivos a los constituyentes del agua del grifo, anotando como respaldo a éstos “*tabla de datos generados por EPM¹³⁰, que miden porcentualmente los componentes del agua*”, una información pertinente y coherente con los mismos, aunque en parte innecesaria e insuficiente ya que le falta precisión respecto a la fuente citada, es decir, las tablas de registro que publica esta empresa.

En relación con la misma cuestión en el argumento 1.1 Ja 47, en los datos se destaca el carácter potable del agua del grifo y en relación con ello, el sustento a los mismos está referido a la confianza y credibilidad que se tiene en la empresa arriba citada, anotando “*la empresa que suministra el agua de la llave, da un tratamiento a la misma para que pueda ser consumida*”. Al respecto consideramos que si bien es una información pertinente, desde el punto de vista disciplinar amerita precisiones que hagan posible una corroboración de la información puesta en los datos

¹³⁰ Se refiere a la entidad encargada del servicio de acueducto en la ciudad, Empresas públicas de Medellín.

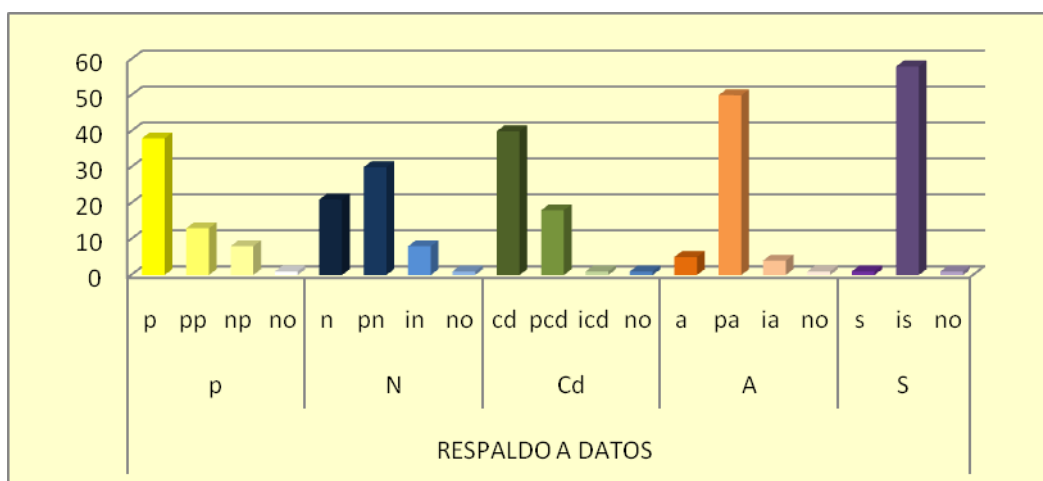


Figura 5.13 Frecuencia de los diversos rasgos hallados en los respaldos o sustentos a los datos

Otros casos de respaldo a dato tienen que ver con informaciones que como lo ejemplificamos para introducir este apartado, pretenden complementar la información de los primeros, no obstante, resultan develando confusiones serias. Por ejemplo en 1.1 Az 51 y en 1.1 Me 38 que se describen por sus características en el Anexo 7.

Dichos argumentos plantean como datos “agua, sulfatos,... óxidos de Ca y Mg”¹³¹, los que se respaldan diciendo que “En su circulación por encima y a través de la corteza terrestre, el gua reacciona con los minerales del suelo y de las rocas”; una información que pretende quizás explicar la procedencia de sustancias presentes en el agua del grifo, no obstante, cae en contradicción con la garantía, en la que plantea explícitamente como tal “definición de mezcla: Agregación de sustancias sin interacción química entre ellas”. La contradicción entre “reacciona” y “sin interacción” parece no ser percibida por quienes plantean estos argumento.

Con lo anterior pretendemos mostrar la importancia de los análisis no asociados sólo a la lectura de las gráficas, aunque éstas también devienen una cuidadosa exploración cualitativa. Esta mirada en profundidad a las unidades de análisis, los enunciados de

¹³¹ En este caso es de resaltar que Azucena usa aquí algunos símbolos químicos más para abreviar las palabras que para representar en lenguaje químico las sustancias a las que se refiere. Melisa escribe el nombre completo de dichas sustancias. Es de anotar también que Melisa y Azucena trabajan en pareja algunos de los ejercicios planteados.

cada componente, en estrecha relación con su contexto, el MAT, enriquece la comprensión que nos hemos propuesto. Así, pasamos al análisis de algunas garantías y sus relaciones con otros partes de los argumentos.

5.3.6 Acerca de las garantías y los respaldos de las mismas

Una descripción general de las garantías se representa en la figura 5.14; pero más allá de esta información, es nuestro interés destacar las cuestiones que pueden estar a la base de una mejor comprensión de nuestro objeto de estudio, la ecología representacional en torno al concepto *sustancia*. Reiteramos que es en las garantías el elemento donde se hace más explícito el conocimiento que en coherencia con los datos, permite sustentar la conclusión o aseveración.

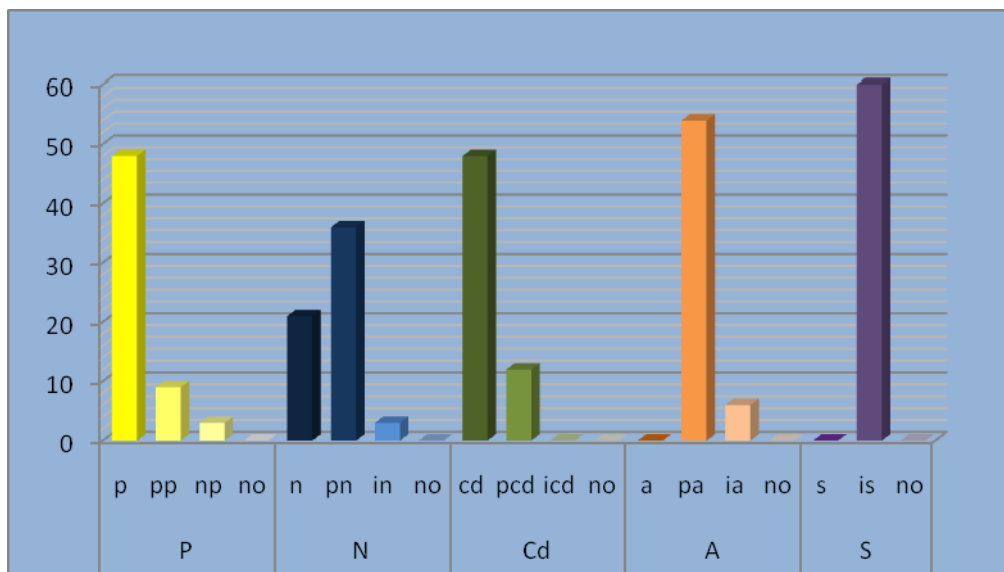


Figura 5.14 Frecuencia de los diversos rasgos hallados en las garantías de los argumentos

En general, es posible decir que las garantías analizadas muestran una fuerte tendencia a incluir información del tipo definiciones, a modo de generalizaciones que permiten el paso de los datos, caso particular, a la conclusión sobre dicho caso. Como se

muestra en la tabla del Anexo 7, son reiterativas las definiciones de mezcla, sustancia, sustancia simple y de términos como alotropía.

También se destacan casos en los que en estos componentes del MAT, sólo se nombran algunos principios o leyes, sin enunciarlos en forma explícita; así como, garantías que alude en forma genérica a “*definición de sustancia simple*”, “*definición de compuesto*”, entre otras. Asunto que podría estar relacionado con la consideración de que estas definiciones son siempre las mismas, a modo de verdades; es decir, no se da lugar a la variabilidad de los significados.

En relación con lo anterior, se registran en las garantías expresiones como “*ley de proporción definida*”, “*Ley de Proust*” o una yuxtaposición de nombres sin relación explícita entre los mismos “*ley de composición definida, ley de proporcionalidad de masas, relaciones proporcionales*”, así como denominaciones inapropiadas, inexistentes en la Química “*ley de soluciones, ley de concentraciones homogéneas...*”. También hallamos que se usan como garantías algunos algoritmos y en relación con ellos, el registro de información concerniente con relaciones estequiométricas inherentes a la composición de sustancias como el agua.

Es el caso de los MAT referentes a un problema de lápiz y papel, 3.1 Ja 63 y 3.1 Vi 75. En las garantías, el primer modelo, además de presentar la yuxtaposición de nombres de leyes “*ley de composición definida, ley de proporcionalidad de masas, relaciones proporcionales*”, plantea el algoritmo: “...si en 16 g oxígeno hay 18 g de agua, cuántos gramos de agua se obtiene a partir de 50 g de oxígeno...16 g O. 18 g H₂O/50..58 g H₂O” - en el que se incluye la conclusión-; por su parte, el segundo modelo, además de las relaciones estequiométricas específicas para el agua, plantea el algoritmo “... 16 gr O₂...18 gr H₂O 50g O₂...X”.

Al analizar los respaldos dados a estas garantías, hallamos en 3.1 Ja 63 alusión a “...estudios químicos sobre composición definida” y “*Química de Chang*”; por su parte, en 3.1 Vi 75 se anota “*Ley de composición definida*”; así, en un argumento este último enunciado hace parte de las garantías y, en el otro, se inscribe como sustento a las mismas. Podemos decir que para este enunciado el lugar propicio, desde la perspectiva toulminiana, es en los respaldos, especialmente si como en el segundo caso, las garantías aluden a algoritmos correspondientes a una aplicación particular de dicha ley; sin

embargo, es posible aceptar que la ley se nombre en las garantías, si como en el caso de 3.1 Ja 63, el respaldo aluda a los estudios que sustentan la misma.

En relación con lo anterior, llamamos la atención sobre la importancia de precisar *fuentes* de información y, en especial, recurrir a la historia y la epistemología de las ciencias para respaldar las garantías, como una forma de des-dogmatizar las informaciones que en éstas se incluye, al tiempo que se introducen cuestiones que pueden fortalecer la credibilidad en las mismas. En tal sentido, también es deseable que en vez de definiciones se aluda a significados de los conceptos, registrando las fuentes de información y que además, estos significados se desplieguen, como en los casos analizados, a modo de garantías.

Las anteriores anotaciones se plantean como un avance propositivo a la crítica que es posible hacer respecto al uso frecuente de alusión a libros de textos como respaldo a garantías; lo que se puede corroborar en el Anexo 7. Una cuestión sobre el cual ya adelantamos algunas reflexiones y que podemos inferir, se relaciona con el uso “dogmático”, es decir, acrítico de los mismos¹³². Recuperamos aquí la transversalidad de los rasgos de racionalidad presentados en el Figura 5.1

En este sentido, también es pertinente decir que las definiciones incluidas en los MAT, a modo de garantía, no son transcripciones literales de los textos citados, lo que explica que en muchos casos: no se correspondan estrictamente con las definiciones de las fuentes referidas, que las referencias bibliográficas no sean completas y precisas o que simplemente se aluda de manera generala a “*libros de química*”. No obstante, hallamos que las imprecisiones y ambigüedades señaladas en algunos los enunciados de los MAT analizados, tienen relaciones con el tratamiento que se da a estas cuestiones en los textos citados por los seminaristas.

¹³² Las siguientes son notas de Margarita sobre este asunto, en un texto que elabora a modo de “validación” por parte de los participantes en este trabajo: “*Es muy pertinente la forma como se identifica en el colectivo una concepción dogmática en los libros de texto, reconocemos en nuestra práctica docente dicha concepción...ya que muchas veces sin darnos cuenta resultamos haciendo una transmisión de aquello que está consignado en los libros. Esta actitud puede darse en la mayoría de veces por el miedo que tenemos a equivocarnos, muchas veces creemos que nuestros conocimientos en Química son menos profundos que los que nos presenta el texto y esto no nos permite elaborar un análisis sobre la pertinencia de temas y conceptos, a lo que se suma la falta de tiempo para la preparación y el análisis*”.

Es el caso de las precisiones que conviene hoy hacer, en relación con los significados de *elemento* y *sustancia simple*, desde la perspectiva de Medeleiev. Precisiones ausentes en los textos en cuestión, en los cuales el concepto *elemento* se hace equivalente a *sustancia simple* y se define desde la perspectiva operativa de Lavoisier. “existen sustancias puras que no pueden ser descompuestas en otras más simples, aunque sean sometidas a procesos químicos. Estas sustancias reciben el nombre de **elementos**”¹³³.

El mismo texto se refiere a los **compuestos**, como “sustancias puras que pueden descomponerse por procesos químicos en dos o más sustancias más simples” y sobre *sustancias* dice “materiales homogéneos cuya composición es invariable”, y a estas últimas, las sustancias, las clasifica en dos grupos, los compuestos y los elementos.

Así mismo, otro de los libros¹³⁴ aunque hace una referencia a algunas cuestiones relacionadas con la historia del concepto *elemento*, finalmente se adscribe al significado de Lavoisier, sobre el cual nos recuerda que es retomado del “sentido moderno” que da Boyle al término. Al respecto dice que “Lavoisier aceptó una *sustancia* como *elemento*, cuando esta no se podía descomponer en otras sustancias más sencillas” y más adelante se refiere a los compuestos como “...son sustancias que están formadas por dos o más elementos en proporciones fijas”.

Un tercer texto¹³⁵, de edición más reciente que los anteriores, precisa el concepto de *sustancia* afirmando que “en sentido químico sólo debe utilizarse para *compuestos* y *elementos*” y que “la composición y propiedades de un *elemento* o *compuesto* son uniformes en cualquier parte de una muestra determinada o en muestras distintas del mismo elemento o compuesto” y unas páginas antes hace referencia a que “los compuestos son sustancias en las que se combina entre sí los *átomos* de diferentes elementos...en algunos casos podemos aislar una molécula de un compuesto”.

De la alusión a características macro propias de “muestras” o materiales concretos, se pasa sin ninguna explicación mediadora a referirse al mundo submicro, a los átomos y las moléculas; un paso que se da dejando ver una perspectiva que podemos llamar

¹³³ Restrepo, Jairo. (1989). Química. Medellín. Susaeta ediciones. p. 43

¹³⁴ Mortimer, Charles (1983). Química. Iberoamericana. pp. 5, 6, 7 y 21

¹³⁵ Petrucci, R. y Pearson, H. (2003) Química General. Madrid. Educación S.A. pp. 5,6

“realista”, al referirse por ejemplo a las entidades del ámbito submicro, como “aislables”. En términos toulminianos diremos que se oscurece la relación de los conceptos y los modelos, con las entidades o fenómenos de los que son los primeros son explicación.

Así mismo, en el texto más citado por los seminaristas¹³⁶ se afirma que “Una **sustancia** es una forma de materia que tiene una composición definida (constante) y propiedades características...las sustancias difieren entre sí en su composición y pueden identificarse por su apariencia, olor, sabor y otras propiedades” y posteriormente dice “...pueden ser *elementos* o *compuestos*”. Conceptos que son definidos en el marco de lo que nos parece una retahíla de informaciones.

Este texto alude a que “Un *elemento* es un sustancia que no se puede separar en sustancias más simples por medios químicos...Los *átomos* de la mayoría de los *elementos* pueden interactuar con otros para formar *compuestos*. Por ejemplo el agua se forma por la combustión del hidrógeno gaseoso en presencia de oxígeno. El agua tiene propiedades muy diferentes de aquellas de los elementos que le dieron origen; está formada por dos partes de hidrógeno y una parte de oxígeno. Esta composición no cambia, sin importar si el agua proviene de un grifo de Estados Unidos, de un lago de Mongolia o de las capas de hielo de Marte. En consecuencia el agua es un *compuesto*, una sustancia formada por átomos de dos o más elementos unidos químicamente en proporciones definidas”.

En esa serie de afirmaciones yuxtapuestas es posible identificar que *elemento* se define inicialmente en términos más operativos, concretos y macro; en tanto que se alude a *compuesto*, en la parte conclusiva del párrafo, en términos de su composición en el ámbito submicro y con mayor nivel de abstracción, aunque puesto en relación, de forma que consideramos inadecuada, con el ámbito de lo tangible y concreto. Se pretende la abstracción de la entidad “agua”; no obstante, se eluden discusiones o aclaraciones respecto a su relación con al “agua del lago” y no se hacen explícitas las relaciones entre las sustancias como el oxígeno atmosférico y el hidrógeno gaseoso y los elementos hidrógeno y oxígeno.

¹³⁶ Chang, R. y College, W. (2003). Química. Mc Graw-Hill. pp. 8, 9

En relación con lo anterior, consideramos que es posible establecer lazos de relación, de tipo explicativo, respecto a algunas de las confusiones e imprecisiones identificadas en los MAT estudiados y nos atrevemos a decir que los textos son, en alguna medida, fuente de las mismas. Sin embargo, a pesar de acoger esta explicación, nos parece que dichas confusiones no son plenamente justificables si recordamos que se trata de maestros en formación que además de la Química, han recibido formación en estudios sobre Historia y Epistemología de las ciencias.

A esta cuestión volvemos más adelante, no sin antes decir que al respecto, en sus aportes a la lectura de estos análisis Marta y Catalina y refiriéndose a dichos Seminarios anotan *“Una sugerencia es que estos espacios de conocimiento y discusión no se reserven para los últimos semestres, debieran propiciarse en los primeros años de universidad en la Facultad de Educación.*

Volviendo a las cuestiones de orden disciplinar, de acuerdo con los análisis hasta aquí expuestos y con las informaciones registradas en el Anexo 7, consideramos que la enseñanza ahistórica y acrítica de la Química, propuesta en los libros de texto y quizás reforzada en los procesos pedagógicos de aula¹³⁷, guarda relación con los problemas de comprensión que hemos señalado y, además, podría estar relacionada con debilidades en aspectos como la flexibilidad intelectual y la actitud crítica.

Las posturas acríticas y en algunos casos dogmáticas, señaladas en los apartados relacionados con asuntos de orden epistemológico, también se hacen presentes como ya lo hemos visto, en algunos aspectos de las argumentaciones representadas en los MAT analizados; y, como veremos en lo que sigue, se “revelan” o hacen visibles en las refutaciones o posibles falsaciones que hacen parte de dichos argumentos. A estos elementos nos referimos en el siguiente apartado de este escrito.

5.3.7 Las refutaciones o falsaciones como elemento problematizador de la argumentación sustantiva

¹³⁷ Nos referimos especialmente a los libros de texto y los problemas ya mencionados, sin descartar situaciones semejantes en los procesos pedagógicos de aula. Una cuestión a la que se refieren Margarita y Jazmín en sus comentarios a los análisis aquí presentados y al Seminario de Lógica *“Con la realización de estos seminarios también cuestionamos la forma en que se nos enseña Química y otras asignaturas por parte de algunos profesores, forma que debiera replantearse, como un aporte para mejorar la calidad de la educación”*

Aunque ya hemos analizado algunas refutaciones, antes de arriesgar otros comentarios es importante reconocer que estos elementos, junto con los sustentos a los datos y a las garantías, son quizás los más desconocidos y poco familiares para los estudiantes, especialmente en el ámbito de la enseñanza y aprendizaje de la Química y, podemos decir, de las Ciencias experimentales en general.

Así mismo reiteramos que desde nuestro punto de vista, dichos elementos del modelo toulminiano de argumentación, son punto nodal para comprender que la lógica sustantiva implica reglas de rigurosidad, dando también un lugar de privilegio al carácter provisorio y plural de las explicaciones científicas en tanto modelizaciones de los fenómenos a explicar. Al dogmatismo se opone la posibilidad de duda y problematización sobre los conocimientos.

En este orden de ideas es nuestra pretensión hallar pistas para la comprensión de la baja calidad que se devela en las refutaciones, de acuerdo con los descriptores propuestos para analizarlas, mostrados en la figura 5.15. Vemos que en algunos MAT se omite este elemento; además, con mayor frecuencia que otros componentes, las refutaciones resultan incoherentes con los datos, con las garantías o con ambos, menos de la mitad son pertinentes y son muy frecuentes los casos de refutaciones inapropiadas o sólo parcialmente apropiadas.

En general, es posible decir que las garantías analizadas muestran una fuerte tendencia a incluir información del tipo definiciones, a modo de generalizaciones que permiten el paso de los datos, caso particular, a la conclusión sobre dicho caso. Como se muestra en la tabla del Anexo 7, son reiterativas las definiciones de mezcla, sustancia, sustancia simple y de términos como alotropía.

También se destacan casos en los que en estos componentes del MAT, sólo se nombran algunos principios o leyes, sin enunciarlos en forma explícita; así como, garantías que alude en forma genérica a “*definición de sustancia simple*”, “*definición de compuesto*”, entre otras. Asunto que podría estar relacionado con la consideración de que estas definiciones son siempre las mismas, a modo de verdades; es decir, no se da lugar a la variabilidad de los significados.

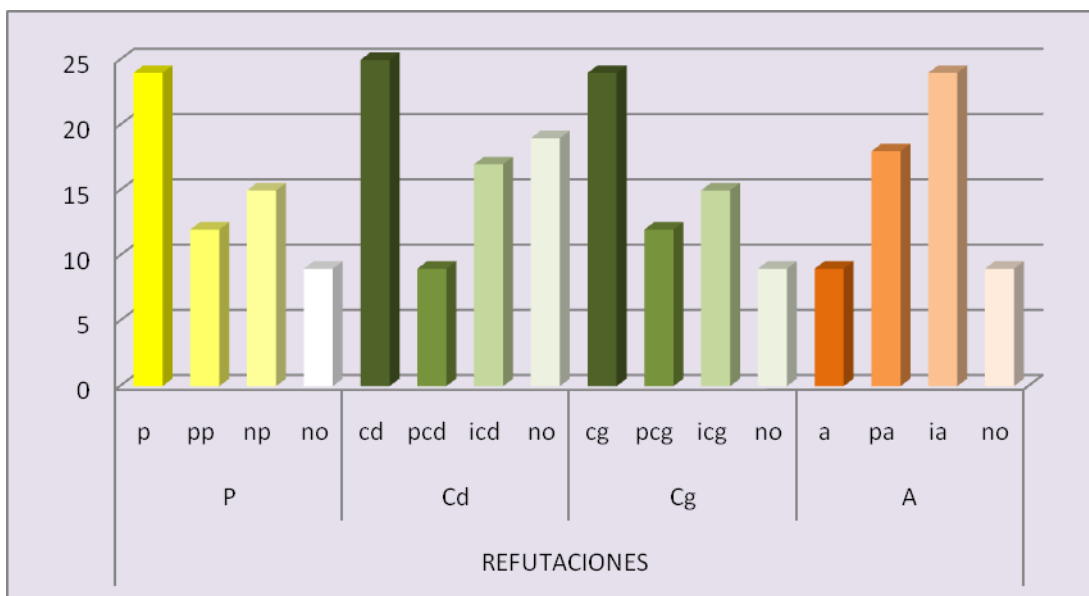


Figura 5.15 Frecuencia de los diversos rasgos hallados en las refutaciones de los argumentos

Hemos analizado y ejemplificado algunos enunciados en los cuales las refutaciones revelan problemas y confusiones acerca de las cuestiones a las que se refiere el argumento y que tienen que ver con falencias en la comprensión de las problemáticas referidas a la estructura de los materiales y sus transformaciones, es decir, con asuntos centrales de la Química. Sin embargo, es importante aclarar que la calidad de refutaciones puede ser afectada por la dificultad inherente a la posibilidad de poner en el lenguaje y en el pensamiento, un asunto que no es familiar; lo que implica, no sólo una buena dosis de claridad en los conocimientos, sino de flexibilidad intelectual y apertura a la crítica.

Al respecto, nos parece importante destacar, a modo de ejemplo, algunas refutaciones caracterizadas por su calidad, especialmente respecto a lo apropiadas desde el punto de vista disciplinar. Así, en 1.1 Da 23, se puede leer que el agua del grifo es una mezcla a no ser que “...la llave tenga adaptado un filtro purificador”; en 3.1 Vi 75, la respuesta del cálculo implicado en el problema de lápiz y papel se refuta con “A menos que se tengan en cuenta datos reales de laboratorio”. En 2.2 Az 64, en relación con el problema que emula un proceso de laboratorio para calcular proporción de sal en una mezcla, se refuta la respuesta con “A menos que se utilice balanza de triple brazo...”;

una refutación que como ya comentamos, es adecuada si se tiene en cuenta que en el respaldo a los datos se supone pesaje en balanza analítica.

Consideramos interesante resaltar cuestiones como las anteriores, que ocasiones pasan inadvertidas o son consideradas en términos de “causas de error”, desconociendo asuntos tan profundos como las “idealizaciones” implicadas en los problemas o en los ejercicios de laboratorio o de lápiz y papel; así como, los inherentes a las imprecisiones o “certidumbre” implicadas en los procedimientos y en los aparatos de uso común en el laboratorio. Consideramos que hay un matiz de dogmatismo científicista al tachar de “errores” cuestiones que son inherentes al trabajo científico, profundamente humano, limitado también por los aparatos, que en términos bachelardianos, son reificaciones del conocimiento.

Finalmente consideramos honesto expresar la dificultad inherente al análisis de estos enunciados¹³⁸, especialmente en aquellas refutaciones en las que sólo ciertos matices del lenguaje usado nos llevaron a calificarlas de una forma u otra. Es el caso de refutaciones de tipo¹³⁹ “es agua pura, a no ser que esté mezclada” y “es agua pura, a no ser que se le someta a un proceso de potabilización”; el primer ejemplo nos parece homologable a decir “es blanca a no ser que sea negra”, en el segundo nos parece homologable a “es blanca, a no ser que le someta a un proceso de pigmentación...”, siendo el primero un caso de contradicción. Una situación de contradicción que nos parece repite en alusiones a, por ejemplo, “es un compuesto a no ser que se descomponga en...”. Al respecto llamamos la atención en torno a que quizás la presión a incluir un elemento en el MAT, podría acarrear falencias respecto a la función que se pretende cumpla dicho elemento en MAT.

En este punto de nuestros análisis, al tiempo que reconocemos los problemas que puede generar el uso de los MAT, teniendo en cuenta que para el caso de estudio de esta investigación el grupo tuvo antes del Seminario de Lógica de la Ciencias ningún acercamiento intencional, formal o explícito a la argumentación, retomamos las valoraciones que hacen los seminaristas del modelo como estrategia didáctica y

¹³⁸ Estas dificultades las enfrentamos sometiendo los análisis al juicio de pares y concertando decisiones. No obstante, reconocemos bieses y otros problemas inherentes al análisis de lo representacional.

¹³⁹ Las expresiones que aquí se anotan no son tomadas literalmente de los enunciados analizados y por eso no citamos unidades de contexto.

metacognitiva y las complementamos resaltando su valor como herramienta que a modo de “reactivo revelador”, nos permite hallar y analizar lo que hasta aquí hemos presentado.

El uso del MAT en esta investigación nos ha permitido avanzar en la construcción de nuestro objeto de estudio, especialmente en el ámbito de las representaciones más relacionadas con el concepto *sustancia*. Dicho objeto se va dibujando al articular los asuntos de orden disciplinar, de la Química, con los de orden epistemológico, los del lenguaje y, retomando el modelo toulminiano, con aquellos asuntos relacionados con la racionalidad o, mejor, la razonabilidad.

En relación con lo anterior y aunque alejados del interés de corroborar o medir el impacto de la propuesta pedagógica puesta en escena en el Seminario, objeto de estudio, consideramos pertinente aludir a dicho Seminario como una condición de posibilidad para apropiarse, es decir aprender, no sólo lo relacionado con la argumentación sustantiva y, por lo tanto, con la flexibilidad intelectual, sino para incentivar la actualización continua en lo disciplinar y en las reflexiones de orden histórico epistemológico. Recordamos aquí las ideas de Carey (1991) respecto al carácter cultural y cambiante de la racionalidad.

Al respecto, acogemos una anotación de Melisa, p:86, ya comentada en la sesión anterior y que se refiere a la importancia de tener espacios que permitan a los estudiantes apropiarse y podemos decir, en términos vigotzkianos, internalizar argumentaciones que les ayuden a construir modelos más adecuados para expresar sus conocimientos y ponerlos en el juego de debate. Conviene tener en cuenta aquí las características de las representaciones externas y sus relaciones con las representaciones internas o mentales (Pozo, 1999).

En relación con ello, en lo que sigue presentamos, a modo de logros de los aprendizajes, del Seminario, algunos apartes de los trabajos finales que elaborados por los estudiantes, textos escritos en los cuales concretan propuestas de enseñanza enfocadas en conceptos de la Química, obviamente relacionados con el de *sustancia*. Diseños pedagógicos en los que subyacen como referentes teóricos, además de los disciplinares, los asuntos discutidos en el Seminario, especialmente la Argumentación toulminiana.

5.4 Las perspectivas epistemológicas como condiciones de posibilidad para la construcción de propuestas de enseñanza que propicien la argumentación sustantiva

En el capítulo IV mostramos una Ecología intelectual dinámica. Así, en esta parte del trabajo nos proponemos mostrar algunos aspectos que pueden dar cuenta del devenir en la que *Ecología representacional* que construimos con base en los análisis inherentes a esta investigación, en la que es importante incluir los avances, estancamientos y, en algunos casos, la vuelta a *representaciones* revaluadas o cuestionadas en diversas sesiones del Seminario

El Cuadro 5.4 muestra una síntesis de los hallazgos, esto es, de las inferencias que hacemos con base en el análisis de las propuestas de enseñanza, en tanto, unidades de contexto en esta parte de la investigación. Posteriormente ampliamos estos análisis trayendo como respaldos algunos enunciados incluidos en dichas propuestas.¹⁴⁰

PROPUESTA →	Argumentando sobre los conceptos elemento y compuesto: ¿Cómo se presentan los materiales que forman el planeta?	El modelo argumental de Toulmin Como estrategia en la enseñanza y aprendizaje De la Teoría ácido-base De Arrhenius	El MAT y la experiencia de laboratorio como propuesta de enseñanza de los significados de los conceptos cantidad de sustancia y mol	El modelo argumentativo de Toulmin aplicado a la enseñanza del concepto de mezcla
ÁMBITOS ↓	Autores: Dalia y Simón	Autoras: Azucena y Melisa	Autoras: Margarita y Jazmín	Autora: Violeta

¹⁴⁰ Para contextualizar los enunciados seleccionados, citamos la página del trabajo en la que se presenta el mismo.

Perspectiva Epistemológica	Con tendencia empirista No se incluyen aspectos históricos-epistemológicos respecto a los conceptos químicos tratados.	De corte moderado Se incluyen aspectos históricos-epistemológicos respecto a los conceptos químicos tratados	De corte moderado Se incluyen aspectos históricos-epistemológicos respecto a los conceptos químicos tratados.	Con tendencia empirista No se incluyen aspectos históricos-epistemológicos respecto a los conceptos químicos tratados
Lo Disciplinar	Informaciones sólo parcialmente apropiadas. La fundamentación se restringe a libros de texto e Internet	Informaciones apropiadas. La fundamentación, además de libros de texto, acude al uso de artículos de Revistas de enseñanza de las Ciencias que aluden a las cuestiones disciplinares tratadas	Informaciones apropiadas. La fundamentación, además de libros de texto, acude al uso de artículos de Revistas de enseñanza de las Ciencias que aluden a las cuestiones disciplinares tratadas	Informaciones sólo parcialmente apropiadas. La fundamentación se sitúa en libros de texto e Internet y , además, acude a los significados expresados por investigadores que trabajan en los laboratorios visitados en el marco de las actividades del Seminario
La argumentación y el MAT	Se propone el MAT como estrategia para enseñar a argumentar, con base en un proceso didáctico centrado en preguntas en torno a los conceptos	Se considera el MAT como estrategia de enseñanza, con base en un trabajo centrado en problemas auténticos y discusiones en torno a hipótesis	La propuesta de enseñanza se instala como objeto de investigación y se propone el Mat como estrategia para recolección de datos sobre argumentaciones de los estudiantes.	La propuesta de enseñanza se configura como procesos de Ciclo didáctico de investigación, aunque no incluye pregunta o

	<p>elemento, compuesto</p> <p>Se pone n en relación las observaciones de objetos “familiares” y el uso de las TICs, a modo de apoyos, para incentivar la argumentación.</p> <p>La propuesta de enseñanza, se presenta como asunto objeto de investigación. Un estudio de caso cualitativo sobre los argumentos contruidos por un niño de 12 años – 7 grado –</p>	<p>que proponen los estudiantes en torno a dichos problemas.</p>	<p>Así mismo, pretende incentivar la argumentación por medio de las preguntas que propician la inclusión de los diferentes elementos del MAT, en las argumentaciones de los estudiantes</p>	<p>problema central para dicho ciclo.</p> <p>El uso de la argumentación se presenta como una oportunidad para expresar ideas y defenderlas.</p> <p>Los argumentos de los estudiantes serán investigados para identificar los elementos del MAT que involucran.</p>
<p>Aspectos valorativos respecto al MAT o a la argumentación, expresado en propósitos o retos</p>	<p>Resalta que el propósito de todo docente al intentar que sus estudiantes argumenten adecuadamente sobre un tema o concepto específico radica en lograr que estos mejoren habilidades como la reflexión, el análisis y la crítica.</p>	<p>Señala que la argumentación se convierte en la herramienta del profesor para formar ciudadanos con cultura científica, críticos, constructores y mejoradores de su entorno sociocultural.</p> <p>Frente al reto de argumentar en las clases de ciencias, se preguntan ¿Cómo fomentar en los estudiantes</p>	<p>Explicita el reto planteado la pregunta ¿De qué manera el modelo argumental de Toulmin (MAT) como herramienta metacognitiva, puede propiciar los procesos epistémicos de los y las estudiantes?</p>	<p>Espera “demostrar” que es posible desarrollar en los estudiantes habilidades argumentativas</p> <p>Señala que la persona que argumenta intenta influir en el auditorio mediante razones para obtener él un determinado resultado; así como, para</p>

		de octavo grado la argumentación en el aprendizaje de la teoría ácido-base de Arrhenius?		tomar decisiones e incluso para admitir una teoría
--	--	--	--	--

Cuadro 5.4 La ecología representacional en relación con la tarea de construir propuestas de enseñanza

En relación con los asuntos de orden epistemológico que emergen en el marco de la tarea de construir una propuesta de enseñanza, es posible decir que lo anotado en el cuadro anterior precisa algunas inferencias ya discutidas y sustentadas en otros apartados de esta tesis, las que están relacionadas con enunciados en los que de forma explícita se retoman planteamientos objeto de debates en el Seminario.

En esta línea ubicamos alusiones explícitas a las Ciencias o la conocimiento, como las que hacen Azucen y Melisa, p:5, cuando se refieren a *“la ciencia como sistema cultural”*; un significado que profundizan diciendo que *“la ciencia es una construcción humana... que responde a criterios de validez”*. Asunto que enlazan con la enseñanza y con la argumentación, explicitando que *“...la argumentación se convierte en la herramienta del profesor para formar ciudadanos con cultura científica, críticos, constructores y mejoradores de su entorno sociocultural”*.

Jazmín y Margarita, p:5, también hacen explícitas sus reflexiones sobre las ciencias y el conocimiento científico, en estrecha relación con el uso de MAT. Recordamos que haciendo referencia a las matizaciones y las refutaciones dicen que *“...Estos dos últimos elementos son de vital importancia puesto que permiten poner en duda las diferentes aseveraciones; en otras palabras, deja ver una Ciencia que puede ser replanteada y, como ya se había mencionado, con verdades transitorias, dependientes de un contexto...”*

En la misma propuesta, p:11, las seminaristas aluden a que *“...se reconoce que encontrar formas de refutar este tipo de conclusiones es muy complejo, pero es una forma de hacer ver al estudiante que aún en la ciencia se encuentran excepciones...”* Se

refieren a las respuestas dadas, a modo de conclusiones, a los problemas de laboratorio o a los de lápiz y papel, así como, a las posibles refutaciones para dichas conclusiones. Como antes lo anotamos, en estos casos es importante explicitar que dichas respuestas están generalmente en el ámbito de *idealizaciones* de unas determinadas condiciones.

Además de los anteriores enunciados, en los que es posible identificar inclinación a una tendencia epistemológica contemporánea, moderada, también hallamos enunciados que como lo registramos en apartados anteriores, dan indicios de perspectivas epistemológicas en las que sobresalen rasgos empiristas y del realismo ingenuo; así como, matices de dogmatismo científicista; cuestiones de las que las reflexiones hechas en el Seminario, pretenden marcar distancia.

Recordamos, por ejemplo, los planteamientos que hace Violeta respecto al lugar y papel primordial de la observación y experimentación en los procesos de enseñanza del concepto *mezcla*; y, aunque menos explícitos, en la misma línea es posible situar algunas cuestiones planteadas en la propuesta de enseñanza diseñada por Dalia y Simón, de la que más adelante presentamos algunos enunciados.

Así, reconocemos en la Ecología compartida la presencia de rasgos de diversas perspectivas, en un entrecruzamiento en el que es posible hallar predominio de unas en relación con otras, así como, solapamientos, rupturas y diálogos; es decir, pluralidad en perspectivas y en las formas de relación entre las mismas. Cuestiones que ilustraremos en lo que sigue, con base en otros ejemplos, en los que nuestras inferencias han requerido tejer relaciones entre cuestiones implícitas y explícitas de los escritos.

Con una inclinación hacia perspectivas epistemológicas contemporáneas, Azucena y Melisa, reconocen la existencia de diferentes Teorías químicas en relación con el *carácter* Ácido-Base de las sustancias; y, aunque muy someramente, presentan estas teorías desde una perspectiva histórica, al tiempo que explican por qué centran su trabajo en la de Arrhenius; explicación coherente con su pretensión de trabajar en asuntos sociocientíficos y con problemas auténticos. Una cuestión muy interesante para la enseñanza de la Química y que tiene que ver con el llamado de Toulmin (1977) a tener en cuenta que es aquello que el concepto o la teoría explican.

Estas seminaristas problematizan la enseñanza, es decir, la hacen objeto de investigación y al respecto se preguntan “¿Cómo fomentar en los estudiantes de octavo

grado la argumentación en el aprendizaje de la teoría ácido-base de Arrhenius?. Este reto, como dijimos, más allá de los contenidos disciplinares, introduce los conceptos de *problema auténtico* y de *asuntos sociocientíficos*, al tiempo que plantea el aprendizaje con base en discusiones sobre las hipótesis propuestas por los estudiantes en torno a dichos problemas y a las posibles contrastaciones teóricas y experimentales de esas hipótesis.

Resaltamos entre las actividades propuestas por las seminaristas, las relacionadas con el siguiente problema y las preguntas que de él se derivan, así como el interés puesto en las discusiones que permitan fomentar la argumentación en la clase de Química, no sólo en el nivel individual, fomentando la escritura de textos, sino principalmente, con el diseño de estrategias que incluyen búsqueda de información y uso adecuado de la mismas para contrastar colectivamente las hipótesis y debatirlas.



*Seguramente has escuchado hablar sobre la gastritis; que es la inflamación aguda o crónica de la mucosa estomacal. Las causas más frecuentes de la gastritis son: el abuso del alcohol, el tabaco y las bebidas excitantes (café, té, refrescos de cola) y el estrés psicológico, provocando una secreción excesiva de ácido clorhídrico en el jugo gástrico desencadenando una sensación de arder en el estómago. Para contrarrestarla los médicos generalmente recetan antiácidos
¿Por qué los antiácidos son recetados para el tratamiento de esta enfermedad?
¿Qué tipo de reacción ocurre en el estómago cuando es suministrado un antiácido?
Azucena y Melisa, p12*

Por su parte, la propuestas de Violeta, así como la de Simón y Dalia que como lo anotamos, están orientadas a incentivar la argumentación con la apertura de espacios para la discusión, al tiempo que se inscriben en la posibilidad de hacer de ellas objeto de investigación¹⁴¹, no obstante, de dichas propuestas es posible inferir rasgos de tendencias positivistas y cierto nivel de dogmatismo.

Violeta, p:2, explicita que su propuesta de enseñanza será objeto de una investigación del tipo estudio de caso cualitativo, no obstante, la presenta así: “... se *diseña una estrategia de enseñanza en la que se pueda evidenciar la forma como los*

¹⁴¹ La investigación a la que aquí se alude, es la denominada *Investigación formativa*; un proceso que busca, que los maestros en formación aprenden a investigar, investigando. Propuesta que hace parte del Plan de estudios y busca prioritariamente, ir más allá de la reflexión pedagógica y didáctica, en las propuestas para la enseñanza. Esta cuestión se concreta en el plan de estudios en la Licenciatura, en los espacios de Práctica Pedagógica e Investigación Monográfica, como se muestra en el Anexo 2,

alumnos argumentan y explican prácticas cotidianas donde esté implicado el concepto de mezcla”; y , posteriormente dice que “Se esperaría que al final de la implementación de la propuesta, en los argumentos presentados por los estudiantes se identifiquen los elementos del modelo argumentativo de Toulmin, demostrando así que es posible desarrollar habilidades argumentativas en ellos”.

Enunciados en los inferimos la presencia de rasgos empiristas e indicios de dogmatismo respecto a la investigación; asuntos que están especialmente relacionados en las expresiones que subrayamos. En el mismo sentido, es de reconocer que el trabajo presenta una propuesta pedagógica centrada en la experimentación y en la observación, la que se enlaza con indagaciones que privilegian la búsqueda de información de tipo declarativo o procedimental y, en algunos casos, de explicaciones, como puede verse en el siguiente recuadro, tomado de su propuesta.

Actividad: Decantación de líquidos
Materiales: Embudo de separación, 3 tubos de ensayo.
Reactivos: Agua (H₂O); Aceite; Alcohol (CH₃CH₂OH).
Procedimiento:

- a) Deposite 10 ml de agua coloreada en el embudo de separación.
- b) Agregue 10 ml de aceite al embudo de separación. Utilice una jeringa para hacerlo, de modo que sea lenta y suavemente.
- c) Agregue 10 ml de alcohol al embudo de separación de la misma forma que en el paso anterior.
- d) Decante suavemente el agua en un tubo de ensayo. Regule la salida del líquido a través de la llave del embudo hasta que este salga en su totalidad.
- e) Repita el paso anterior para el aceite y el alcohol.

¿Se logró separar bien la mezcla por medio de este procedimiento? ¿Por qué?

¿Qué equipo casero podría sustituir el utilizado en esta experiencia de laboratorio?

¿Organice los tres líquidos utilizados en esta experiencia en orden decreciente de densidad?

Al respecto es posible decir que Violeta, pretende incentivar la argumentación mediante algunas de preguntas que acompañan las actividades didácticas de tipo experimental; interrogantes que salvo en cuestiones como el *por qué*, consideramos no incentivan la emergencia de argumentos, pues buscan principalmente una respuesta directa, una información, No obstante, conviene recordar que en su trabajo, Violeta explicita la posibilidad de debatir en grupo las posibles respuestas a dichas cuestiones.

En la propuesta de Simón y Dalia, también es posible hallar algunos rasgos de perspectiva empirista, aunque matizados con aportes muy interesantes respecto a la

argumentación y al apoyo en estrategias computacionales. Es pertinente aclarar que estos seminaristas presentan su trabajo final en un formato de artículo para Revista, bastante sucinto, que proponen incentivar la argumentación con el uso de herramienta denominada WebQuest.¹⁴²

Estos seminaristas, p: 1, abren su artículo diciendo que *“Es apropiado mostrar cómo a partir del trabajo de un problema auténtico, se pueden abstraer conceptos científicos que abordados de una buena manera desde el punto de vista educativo, puede dar lugar a buenas argumentaciones por parte de los estudiantes respecto al concepto que se trate”*. Llamamos la atención sobre la alusión a la posibilidad de *abstracción* de conceptos científicos, una cuestión que posteriormente ponen en términos de *“...traer a colación...”*, en relación con lo que denominan problema auténtico.

En el mismo apartado, resumen del artículo, precisan que *“En este caso se utiliza un problema auténtico -materiales que se encuentran normalmente en casa-, el cual se aborda de manera tal, que el niño logre traer a colación los conceptos de elemento y compuesto, que luego será reforzado por argumentaciones presentadas por el niño”*; un problema que explicitan en el siguiente recuadro, tomado de su trabajo. Pareciera que lo auténtico y significativo se restringe a lo que es familiar, lo cotidiano.

Tomar elementos que tenemos normalmente en el hogar y hacernos la pregunta: ¿Cómo se presentan los materiales que forman el planeta?.

Este problema permitirá al niño preguntarse acerca de la composición de las cosas.

Para este caso nos enfocaríamos en el agua (compuesto) y en una cadena de plata (Elemento)

Problema auténtico

¹⁴² Dalia y Simón, p: 3, anotan: *“WebQuest es una metodología de búsqueda orientada, en la que casi todos los recursos utilizados provienen de la Web. Fue propuesta por el profesor Bernie Dodge, de la Universidad de San Diego, en 1995... es un nuevo método pedagógico para el mejor aprendizaje de los alumnos en el aula”*. Información que amplían aludiendo a que *“Una WebQuest se construye alrededor de una tarea atractiva que provoca procesos de pensamiento superior... pensamiento puede ser creativo o crítico e implicar la resolución de problemas, enunciación de juicios, análisis o síntesis”*

Como podemos ver en el recuadro, el que presentan como un problema auténtico, adolece de ambigüedad y, consideramos, no incluye cuestiones que interesen a un niño de 12 años. La ambigüedad está relacionada, no sólo con la pregunta por el *cómo se presentan los materiales que forman el planeta*, también tiene que ver, por ejemplo, con la presencia de la palabra “elemento”, que sin aclaración alguna aparece, primero para denotar *cosas* y luego como concepto químico.

Al respecto, una cuestión que nos da indicios de perspectivas empiristas es la ausencia de reflexiones y precisiones que permitan poner en relación la observación de materiales, ámbito de lo concreto, con conceptos de tan elevado nivel de abstracción como elemento y compuesto. Esta ausencia quizás se explique si analizamos los significados que estos seminaristas han privilegiado en su referencial teórico disciplinar¹⁴³, definiciones que podemos catalogar como operativas; también nos queda pendiente la pregunta por la posibilidad de relacionar esas definiciones con las observaciones que puede hacer el niño en su casa.

Sobre estos interrogantes, los autores p:4, proponen como una primera actividad pedagógica la observación de *cosas* y al respecto dicen “*La idea es realizar preguntas a medida que se vayan realizando las observaciones*”, lo que enlazan con una segunda actividad “*Con la finalidad de puntualizar en los conceptos elemento y compuesto, se seleccionan de la observación realizada con el niño un ejemplo de elemento y compuesto y se procede a anotar las características de cada uno de ellos y las ideas que tiene el estudiante al respecto*”. Nos cuestionamos aquí por la calidad, especialmente, por lo apropiado del contenido disciplinar.

Destacamos de la propuesta en cuestión que a pesar de trabajar con un caso de aprendizaje en el que no hay el apoyo de pares, se abre espacio para la argumentación, como habilidad cognitiva que puede ser potenciada con el uso adecuado de la WebQuest. Esperan que “*Sebastián logre argumentar respecto a las cuestiones tratadas en la investigación, utilizando el modelo argumentativo de Toulmin*”; logro que como

¹⁴³ En el apartado que denominan fundamentos teóricos, p: 2, anotan: “Conceptos trabajados:
Elemento: Es una sustancia fundamental o elemental que no puede ser dividida por medios químicos en sustancias simples. Los elementos son el bloque estructural de todas las sustancias.
Compuesto: Un compuesto son distintas sustancias que contienen más de dos elementos químicos combinados en proporciones definidas por masa. Los compuestos con elementos diferentes pueden descomponerse químicamente entre sustancias simples o elementos.
Elemento y compuesto en “Hein, Morris y Arena, Susan. Foundations Of College Chemistry. Edition, Twelfth. United States America. 2007”

lo anotamos esperan alcanzar por medio de “*Preguntas claves que guíen las conversaciones, actividades y ejemplos*”.

Sin embargo, en el trabajo no se explicitan dichas preguntas, lo que hace difícil hacer inferencias acerca de la enseñanza del MAT en la propuesta, cuestión que unida a las del campo disciplinar, a las que nos hemos referido para señalar sus aspectos inadecuados, nos permite decir que el uso de herramientas computacionales ofrece gran valor potencial para la enseñanza, pero este valor podría perderse si su uso no va acompañado de fortalezas de los profesores en el saber disciplinar y didáctico.

En este punto retomamos una reflexión ya anotada respecto a la dificultad de lograr cambios en las perspectivas epistemológicas; se relacionan con convicciones que a pesar de ser explícitamente cuestionados a la luz de lecturas, conferencias, reflexiones y debate, como tratamos de hacerlo en el Seminario, ellas permanecen inamovibles y profundamente arraigadas.

En el mismo sentido, arriesgamos un presupuesto semejante respecto a cuestiones del ámbito disciplinar y, específicamente, al abordaje pedagógico del mismo. Como lo anotamos, es posible inferir que mediadores del aprendizaje como los textos de Química, pueden estar a la base de algunas problemáticas respecto a la comprensión y el uso explicativo de conceptos como *sustancia*. Abordajes que suelen estar al margen de discusiones epistemológicas, no incluyen aspectos histórico-epistemológicos y, en muchos casos, están anclados en significados hoy no apropiados.

Para el caso de estudio que nos ocupa, podemos decir que como lo reconocen los seminaristas, las reflexiones de orden epistemológico y el acercamiento a perspectivas contemporáneas llega relativamente tarde a su formación como maestros; formación en la que ha primado de manera hegemónica la perspectiva positivista. No obstante, como lo resaltamos en algunos de los anteriores comentarios, es posible hallar cuestiones que nos permiten ser más optimistas respecto a con las dinámicas de la Ecología representacional, en tanto hallamos representaciones coherentes con las líneas de trabajo propuestas en el Seminario.

Además de los ejemplos que ya comentamos, resaltamos aquí la propuesta presentada por Jazmín y Margarita. Un trabajo que nos permite inferir no sólo rasgos de una perspectiva epistemológica moderada, sino la coherencia de la misma con la

propuesta didáctica, con las consideraciones de orden disciplinar y con otros asuntos inherentes a los tópicos allí incluidos.

Aunque las autoras no se inclinan por asuntos sociocientíficos para propiciar la argumentación, ni se refieren a problemas auténticos; y, en su estudio, privilegian la atención a las prácticas de laboratorio, su propuesta acoge en buena medida cuestiones discutidas en el Seminario, tornándolas significativas en el ámbito de problemas de la enseñanza de las ciencias y específicamente de la Química.

Como lo anotamos en el cuadro 5.4 , esta propuesta de enseñanza se presenta como objeto de investigación, indagación guiada por preguntas sobre la posibilidad de comprender “*¿Cómo puede el modelo argumental de Toulmin, aplicado a las experiencias de laboratorio, contribuir a un mejor aprendizaje de los significados y la relación de los conceptos cantidad de sustancia y mol? y ¿De qué manera el modelo argumental de Toulmin (MAT) como herramienta metacognitiva, puede propiciar procesos epistémicos de los y las estudiantes?*”- p:2 -. Reiteramos aquí el valor de problematizar la enseñanza, es decir, de la búsqueda de comprensión de las cuestiones que en esta tarea implica.

En coherencia con estas preguntas, sus objetivos son los de “*Diseñar una experiencia de laboratorio que permita la aplicación del MAT, de forma que los estudiantes puedan explicar y argumentar los significados y la relación de los conceptos sustancia y mol*” y “*Analizar, cómo por medio de la herramienta metacognitiva, el MAT, se pueden propiciar procesos epistémicos de los y las estudiantes*”. Diseño pedagógico que permite y exige poner en diálogo algunas de las cuestiones tratadas en el Seminario.

En este sentido, trascendiendo visiones empiristas su pretensión es “*...que los (as) estudiantes evalúen reflexiva y críticamente los procedimientos que llevan a cabo en las experiencias de laboratorio, y que se abran espacios para que participen, refuten, expliquen y negocien sus ideas*” p:4. Propósito en el que sitúan la argumentación y concretamente el MAT, precisando que “*El modelo argumental será implementado de forma indirecta, pues no es el objetivo de esta propuesta enseñar el esquema del modelo argumental, si no que por medio de preguntas, de resolución de problemas y la elaboración del informe de la experiencia, los estudiantes lleguen a los elementos del*

modelo argumental, tales como conclusiones, fundamentos o premisas (datos y garantías) respaldos, cualificadores (modales), refutaciones o salvedades”.

En su propuesta retoman, aunque algunas veces en forma casi literal, cuestiones planteadas en textos de apoyo analizados, las que son respaldadas con los debidos sustentos, es decir con el reconocimiento de autorías y las respectivas referencias bibliográficas. Estas cuestiones, como veremos, son presentadas en coherencia con las estrategias didácticas diseñadas y en concordancia con los asuntos de orden disciplinar que son tratados.

Como se destaca en el cuadro 5.4, el tópico disciplinar se presenta con un enfoque histórico-epistemológicos; un abordaje para el cual se distancian del uso exclusivo de los libros de texto de Química y se respaldan en artículos que como los de Furió y sus coinvestigadores¹⁴⁴, dan relevancia a dichas miradas. Estos referentes también les permiten presentar de manera adecuada los conceptos químicos y sus implicaciones en los ámbitos epistemológico y ontológico.

Al respecto dicen, refiriéndose al concepto mol *“Este concepto es importante en la medida en que permite establecer una relación entre las propiedades macroscópicas - masa, volumen- y la variable microscópica -número de partículas-. Para ello se requiere la introducción de la constante de Avogadro, número muy grande que permite la relación con el tamaño de los átomos y las moléculas, además de permitir cálculos químicos y estequiométricos”* y agregan *“... el concepto de mol es fundamental en Química porque está vinculada con la proporción en la cual se combinan las sustancias en una reacción química”* p:7

¹⁴⁴ En la bibliografía, Jazmín y Margarita, referencian los siguientes artículos:

Furió-Mas Charles, Azcona, Rafael y Gisasola, Genero. Enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. Enseñanza de las ciencias. 2006, 24(1), 43-58.

Furió Charles, Azcona, Rafael y Gisasola, Genero. Revisión de investigaciones sobre la enseñanza-aprendizaje de los conceptos cantidad de sustancia y mol. Enseñanza de las ciencias. 2002, 20(2), 229-242.

Padilla, K.; Furió-Mas, C.; y Azcona, R. las visiones deformadas de la ciencia en la enseñanza universitaria de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. Enseñanza de las ciencias, 2005. Número extra. VII congreso.

Andrade Gamboa, José; Corso Hugo Luis, Gennari Fabiana Cristina. Se busca una magnitud para la unidad mol. Revista Eureka sobre la enseñanza y divulgación de las ciencias. La ciencia ayer y hoy. 2006, 3(2) pp.229-236

Azcona, R.; Furió-Mas, C.; Intxausti, S. y Irizar, M.T. ¿cómo se puede favorecer una buena comprensión de la cantidad de sustancia y el mol en una clase de bachillerato? Enseñanza de las ciencias. 2005, número extra VII congreso.

En relación con los problemas pedagógicos, destacan el nivel de abstracción de dicho concepto y las dificultades inherentes a su comprensión señalando que *“diversos autores como...plantean que algunas de las primeras dificultades que se presentan para la comprensión del concepto está asociado con grado de abstracción que éste requiere para entenderlo y coinciden en que por esta razón se debería abordar cuando los estudiantes hayan desarrollado la capacidad de abstracción y que previamente hayan abordado los temas asociados al concepto, como son: masa, volumen, número de Avogadro o constante de Avogadro, átomo, molécula, sustancia, masa molar, masa atómica, masa molecular, magnitud y cantidad, puesto que se corre el riesgo que alguno de estos se confundan con el término mol”*

Así mismo, en relación con los conceptos *cantidad de sustancia* y *cantidad química*, y aunque aclaran que en su propuesta los toman como análogos, consideran más conveniente el uso del segundo *“Puesto que al referirnos sólo a la cantidad de sustancia estaríamos sacando aquellas otras partículas elementales...como electrones, protones o neutrones, entre otros, por tanto nos acogemos a las últimas definiciones establecidas para ampliar el rango de aplicación de la unidad, mol”* p:7.

En relación con el diseño de estrategias, la propuesta acoge las recomendaciones de los investigadores antes citados respecto a la conveniencia del uso de analogías para trabajar con los conceptos en cuestión, mol y cantidad química; enfatizando en las restricciones y extremos cuidados que hay que tener con las mismas. Al trabajo con analogías se suman otras actividades.

Destacamos aquí que coherentes con el propósito de indagar acerca de procesos epistémicos, en la propuesta de enseñanza se da un lugar privilegiado a la argumentación y, por tanto, a los debates y discusiones. Argumentación animada por preguntas que orientan e incentivan la inclusión de los elementos del MAT en la misma, como se muestra en el siguiente recuadro tomado del trabajo en cuestión.

Haciendo uso de la balanza, de la probeta (100ml o de 50ml), del cloruro de sodio, el etanol y del aluminio, presentes en el laboratorio, y recordando todo lo que ya sabes del Número de Avogadro, de las masas, los pesos y de los volúmenes, trata de ingeniar la manera de hallar la cantidad de moles que hay en estas sustancias y:

- ▶ Describe que procedimiento por medio de un diagrama de flujo que tendrías que llevar a cabo para hacer dicho cálculo, (para el análisis que desarrollará el investigador, éste se contará como dato).
- ▶ Escribe en una tabla los datos que adquiriste y que consideras pertinente para poder hallar las moles de las sustancias (respaldo a los datos).
- ▶ Que conocimientos previos (leyes, teorías y principios) debes conocer para poder hacer tus procedimientos. (garantías y respaldo).
- ▶ Bajo qué condiciones consideras que tus cálculos no serían apropiados? (refutaciones)
- ▶ Calcula los moles de etanol, cloruro de sodio y del aluminio, presentes en el laboratorio, suponiendo que estos están puros (conclusiones)
- ▶ ¿Qué relación puedes establecer entre ésta experiencia de laboratorio y la lectura inicial?

Consideramos importante destacar el uso de las experiencias de laboratorio; en las que más allá de un sentido verificacionista, se abre una oportunidad para el debate. Un espacio en el cual es posible poner a prueba el potencial del MAT como estrategia metacognitiva, en tanto invita a que cada estudiante explicita, para él mismo y para los demás, los procesos epistémicos que están a la base de las preguntas presentadas en el recuadro. Sin embargo, consideramos que la pregunta es susceptible de adecuación, en el sentido de preguntar por la cantidad química o cantidad de sustancia, que llevará a responder en términos de moles.

Con base en lo anterior es posible decir que además de estrategia metacognitiva, restringida a aspectos de cognición en el individual, el MAT puede ser considerado como una estrategia para la autorregulación de los aprendizajes y de la enseñanza. Hace posible explicitar procesos epistémicos como los implicados en las relaciones de unos elementos con otros, así como, respecto a sus contenidos en lo disciplinar; al tiempo que implica cuestiones de orden actitudinal como el respeto por las fuentes y la rigurosidad en el trabajo teórico y experimental.

Un estudio riguroso de los MAT contruidos por los estudiantes, permite al profesor identificar problemas de comprensión respecto a las cuestiones disciplinares, así como, las relacionadas con el uso de los lenguajes y otras representaciones, lo que implica la

posibilidad de orientar y definir nuevas estrategias pedagógicas para potenciar las oportunidades de aprendizaje. Esto es, autorregulación de la enseñanza.

Lo anterior es tenido en cuenta en la propuesta de Jazmín y Margarita cuando proponen que *“En mesa redonda, los estudiantes deben comentar sus experiencias, cada uno ha desarrollado su propio procedimiento, éstos deben identificar sus dificultades, diferencias, similitudes con los demás y establecer que cosas nuevas aprendieron, igualmente deben escucharse entre ellos para hacer aportes o correcciones, de forma que todos puedan retroalimentarse y que el profesor pueda también intervenir para hacer las respectivas aclaraciones”*. En este sentido, nos parece posible y loable la enseñanza problematizada, es decir, la enseñanza como objeto de investigación, como oportunidad de comprender una situación para proceder a cualificarla.

Concluimos así estos análisis, no sin antes recordar que las propuestas de enseñanza que aquí estudiamos sólo son esos, propuestas de papel. Nos quedan pendientes las preguntas inherentes a su puesta en escena en el aula y a las condiciones de posibilidad que hoy la escuela brinda para que ellas tengan vida. Al respecto traemos las reflexiones que posteriores al Seminario nos aportaron Margarita y Jazmín, en conversación y mensaje electrónico, y que nos llama a considerar las dificultades y posibles obstáculos al posicionamiento de la enseñanza como argumentación.

En primer lugar hacen referencia a los *“afanes”* por abordar contenidos, lo que está ligado a las demandas de las evaluaciones externas, es decir, los exámenes de estado y las pruebas internacionales, cuestiones que están casi obligando a *entrenar* a los estudiantes para examen. Además, dicen *“estas propuestas de enseñanza demandan mucho tiempo y dedicación para su preparación e implementación”*. Cuestión que también se relaciona con las anotaciones de Margarita, las que ya comentamos, respecto al uso dogmático de los libros de texto.

Al respecto consideramos que es importante continuar con un trabajo que permita instalar la perspectiva de la Enseñanza como Argumentación, en tanto condición de posibilidad para un aprendizaje crítico, en el sentido que lo propone Moreira; no sólo con la pretensión de movilizar aspectos clave de la Ecología representacional de un

grupo de profesores en formación, sino considerando las implicaciones que esto tiene en términos de su papel como formadores de las actuales generaciones de niño y jóvenes.

Así, reiteramos, es necesario dar privilegio a una formación del profesorado que fortalezca una perspectiva epistemológica contemporánea, una permanente actualización de los saberes implicados e inherentes a la construcción de propuestas para la enseñanza de las ciencias y, especialmente, una sólida preparación como hombres y mujeres en quienes la sociedad ha delegado la formación de ciudadanos, en la llamada era del conocimiento.

Nos parece oportuno recordar aquí, aunque no hace parte de la propuesta de enseñanza, reflexiones de Jazmín, p:32,33 de su portafolio, en su texto *“Consideraciones acerca de las Ciencias: aspectos que un docente de ciencias debe tener en cuenta”*, en las que pone en relación, aquello que para ella son “nuevas miradas” y las perspectivas confrontadas con éstas. Al respecto alude a que *“...es interesante ver esta nueva mirada frente a la ciencia, en verdad que todavía quedan muchos interrogantes, que espero posteriormente poder abordar”*, un enunciado precedido por una reflexión en la cual precisa *“... es aquí donde se empieza a abandonar la vieja concepción de una ciencia acabada y enaltecida como fuente de conocimiento verdadero, para dar paso a una humanización de la ciencia, de forma tal que sea más accesible...”*.

Además de los lazos de relación que propone Jazmín, hilos que permiten identificar presencia de *visiones* encontradas, hallamos también un reconocimiento a las implicaciones pedagógicas inherentes a la elección u opción por las perspectivas moderadas *“...esta concepción tiene que tener implicaciones frente a la forma cómo se enseña y se lleva al aula las ciencias; y somos nosotros, los futuros docentes los que estamos llamados a hacer esta reflexión...”*. Volvemos a la pregunta, si más allá de las reflexiones es posible que éstas logren movilizar procesos de enseñanza y aprendizaje que les sean coherentes.

Así, con base en estas preguntas y teniendo como punto de partida algunas anotaciones que a modo de evaluación al Seminario, hacen los estudiantes participantes en este estudio, además de complementar los aspectos valorativos de la Ecología representacional, nos introducimos en las conclusiones y las posibles líneas de

indagación que abre esta investigación, reconociendo que la misma deja además cuestiones pendientes, inconclusas, oscuras y no resultas.

5.5 Las valoraciones en torno al Seminario como preámbulo a las cuestiones a destacar en este estudio

No acercamos a las conclusiones del estudio que nos ocupa, aludiendo a las reflexiones que a modo de evaluación del Seminario, hacen los estudiantes en la última sesión del mismo, después de presentar su trabajo final; reflexiones que hacen parte, aunque no de forma exclusiva, de las cuestiones del ámbito valorativo o axiológico de la Ecología compartida.

La decisión de incluir aquí estas valoraciones se debe a que consideramos, nos dan pistas respecto a la Ecología representacional que construimos y nos permiten avanzar algunas recomendaciones derivadas de esta investigación, en la vía de hacer aportes en relación con, por ejemplo, la formación de profesores y la enseñanza de la Química; sin olvidar que esta investigación en un estudio de caso, no generalizable.

En los escritos que registran dichas evaluaciones, al tiempo que precisan algunos logros y plantean dificultades, los seminaristas aluden en forma reiterada la importancia del MAT; primero, como herramienta que permite valoración de la comprensión de conocimientos científicos y, segundo, como estrategia que implica poner en relación saberes como el disciplinar, la Historia y la Epistemología de las ciencias y, claro está, los que tienen que ver con la construcción de argumentaciones.

Al respecto Margarita, dice que *“A pesar de la dificultad que me causó establecer diferencias entre algunos elementos del MAT, aprendí que por medio del mismo se pueden relacionar, aspectos tales como los epistemológico, conceptuales, argumentativos, cognitivos y procedimentales”*. Es de resaltar aquí su llamado a la complejidad implicada en algunas de las tareas del Seminario, ya que al reto de los aprendizajes en torno al MAT se suma lo que los mismos seminaristas reconocen como falencias en su comprensión de los aspectos disciplinares.

Esta cuestión la hace explícita Azucena en su evaluación anotando que *“El seminario me deja satisfacciones...descubrí en mi, cosas que no imaginé que sabía...y me deja la inquietud de ¿cuántos vacíos conceptuales, didácticos y epistemológicos tengo?, lo que desemboca en otra pregunta “cómo enseñar cosas que no se? El seminario me motivó en la búsqueda de conocimientos nuevos y el mejoramiento de otros”*.

Melisa, por su parte, reconoce que el seminario *aportó* herramientas para la argumentación, especialmente con el modelo toulminiano y, con una redacción que compromete muy poco su postura personal, dice *“...deja entrever que es necesario unos respaldas conceptuales para explicitar nuestras ideas, en especial en las clases de ciencias”* y más adelante anota *“La argumentación es una herramienta que sirve para que los estudiantes aprendan a ser conscientes de su propio aprendizaje; este es un tema que aprendí en el seminario, entre otros”*.

Como sus colegas, Violeta resalta los aportes del seminario para su formación profesional y como oportunidad para poner en relación y comprender mejor conceptos. Sobre el MAT anota que *“...también me pareció interesante el manejo que se dio al argumentación desde la perspectiva del MAT, aunque se me dificultó la comprensión del mismo”*; no obstante, complementa lo anterior diciendo que *“...pero este modelo se aplica de muchas maneras en la enseñanza, sobre todo para identificar, en el discurso de los estudiantes, la forma como argumentan y lo elementos propuestos en el esquema”*, en una alusión la potencial del MAT como herramienta para la investigación.

Por su parte, Dalia, alude a que en el Seminario *“...pude relacionar gran parte de las materias que he trabajado en mi carrera”* a lo que agrega *“...rescato la importancia de la reflexión escrita, los debates en clase y todas las veces que me asombré de los aportes de mis compañeros para el enriquecimiento de mis conocimientos”* y en términos de “Proyecciones” se compromete con *“aportar desde mi labor como maestra la toma de postura crítica frente al conocimiento y el uso de decisiones racionales”*. Resaltamos la profundidad de este compromiso.

Simón, de una forma escueta y un poco confusa, plantea que *“el seminario me ayudó de una forma muy profunda a reconocer y poner en práctica las formas en que se presenta el conocimiento y los elementos importantes para una buena argumentación,*

en interdependencia con los elementos del MAT". Así mismo reconoce una oportunidad para identificar falencias, con base en los debates, "...pues uno mismo difícilmente reconoce las fallas o deficiencias en su trabajo" y finalmente dice, resaltando el trabajo en grupo "reconozco la importancia de los consensos, pues somos seres sociales".

Por su parte, Jazmín da relevancia a los cuestionamientos que el seminario le ha permitido hacerse, desde una postura que consideremos se corresponde con buena dosis de flexibilidad intelectual. Al respecto dice "...el curso me cuestionó frente al dominio de los conceptos de las diferentes disciplinas científicas, en la medida en que mi forma de argumentar los problemas planteados tienen poca fundamentación" Reflexión que precisa anotando que "Lo cual me pone alerta y me invita a seguir estudiando e indagando...".

Además resalta que el Seminario "...me permitió tener una idea de ciencia mucho más dinámica y más interesante, en la medida en que se rescatan las dificultades en la evolución de los conceptos..." y que además dice que el trabajo en el mismo le hizo posible "entender que los razonamientos, incluso en las ciencias duras, pueden ser sustantivos. Lo que abre posibilidades, antes no identificadas para el trabajo en el aula de ciencias". Asunto que complementa de manera emotiva diciendo que "Me encantó que se hubiese tocado los asuntos sociocientíficos...también me aporta mucho para las propuestas de enseñanza"

Para cerrar este capítulo incluimos la reflexión con la que Margarita presenta su portafolio. Un texto construido a modo de valoración de su trabajo, en el que se dejan leer las cuestiones que resalta de sus aprendizajes, algunas dificultades, logros alcanzados y los retos o desafíos que el Seminario aporta a su formación como maestra:

En este portafolio se evidencia mi progreso, responsabilidad y dedicación en este curso, aprendí que se debe buscar constantemente diversas formas de enseñar y construir el conocimiento, aunque aprender y aplicar el modelo para mí fue un gran reto me parece que es una excelente forma para integrar todos los aspectos históricos, epistemológicos, pedagógicos, didácticos en la enseñanza de las ciencias, es una manera de aprender mejor la química, también cambie la forma de ver algunos aspectos de la enseñanza y esto me motivó aun más a seguir adelante y reconocer que tengo que seguirme preparando e investigando, actualizarme y cambiar desde mi labor como docente las formas tradicionales de enseñanza.

En el siguiente capítulo presentamos, a modo de cierre, algunos asuntos que desde nuestro punto de vista ameritan ser destacados como aportes de esta investigación a la comprensión del objeto en cuestión; de igual forma, señalamos puntos que se nos quedan un poco oscuros o difusos y que podrían constituirse en preguntas y problemas para otras indagaciones.

CAPÍTULO VI

6 A MANERA DE CIERRE: DESDE NUESTROS HALLAZGOS HACIA POSIBLES HORIZONTES DE INDAGACIÓN

Aceptar la pluralidad es señal de distinción de una sociedad democrática (...), es el reconocimiento de los usos de razón para discutir, analizar, estar en desacuerdo e incluso para desobedecer (...)

Aceptar el pluralismo significa desconfiar de aparentes unanimidades (...); es descreer de los hombres providenciales y de las vanguardias iluminadas reconociendo en los ciudadanos la capacidad de acción política, de participación en las decisiones y en la búsqueda de consensos para determinar en conjunto sobre el orden político posible y deseable; en fin, aceptar el pluralismo es rechazar todo tipo de autoritarismo, de exclusiones y de imposiciones: es recuperar el valor de la palabra y encontrar el verdadero lugar de la política.

María Teresa Uribe
2010

6.1 Cuestiones que nos interesa destacar

En concordancia con los presupuestos epistemológicos y filosóficos de Stephen Toulmin respecto al carácter no dogmático de los conocimientos científicos, al importante papel de los lenguajes en la construcción de estos conocimientos y al valor de las lógicas sustantivas o no formales en la construcción de explicaciones, inscribimos

nuestras indagaciones en la línea de investigación que sustenta el significado de aprendizaje como argumentación.

Desde esta perspectiva y con base en importantes trabajos de diversos investigadores, orientamos nuestras reflexiones hacia la posibilidad de mostrar el valor epistemológico, pedagógico y didáctico de los conceptos *racionalidad* y *argumentación sustantiva*. Un valor que relacionamos con la intención de: primero, hacer lecturas humanistas de las ciencias y su historia; y, segundo, hallar algunas pistas para afrontar los desafíos del mundo contemporáneo respecto a la enseñanza y al aprendizaje de las disciplinas científicas. Retos relacionados con la formación en las ciencias para el ejercicio responsable de la ciudadanía.

En relación con lo anterior, enmarcados en una perspectiva sociocultural, proponemos el concepto *ecología representacional* para acercarnos a la comprensión de algunas de las condiciones que posibilitan el aprendizaje como apropiación de una cultura; y, trasegando caminos inherentes a la investigación interpretativa, indagamos por algunas de las características de la *ecología* compartida por un grupo de profesores en formación, con quienes explícita e intencionalmente compartimos el reto señalado.

Entendemos con Toulmin que toda disciplina científica, en tanto cultura, se dinamiza por la presencia de la flexibilidad intelectual de quienes la practican y que en coherencia, la racionalidad es un legado cultural ineludible en proceso de apropiación de las ciencias. Por tanto, comprometidos con la enseñanza para la argumentación, asumimos los propósitos de esta tesis; metas a las que les es subyacente la intención prioritaria de formar para trascender dogmatismos, reconocer diversidades y asumir posturas con base en la construcción y uso de *buenas razones*, esto es, apostamos a la formación para la racionalidad.

En este orden de consideraciones, las indagaciones inherentes a este trabajo, sustentadas en perspectivas epistemológicas moderadas y puestas en acción en una propuesta de enseñanza que privilegia la argumentación sustantiva, nos hacen posible la construcción de aspectos importantes de la *ecología representacional* que es compartida por los estudiantes del Seminario de lógica de Ciencias. Vale recordar que son las estrategias pedagógicas de este seminario las que a modo de reactivos reveladores, nos permiten inferir cuestiones importantes para la construcción que aquí concretamos.

Un recorrido no lineal por la producción escrita de los seminaristas nos permite hallar, mediante análisis cualitativo de contenido, una gama de componentes entre los que destacamos perspectivas, creencias, valores y modelos, entrettejidos con ilusiones, propósitos, problemas y retos que como el aprendizaje y uso del MAT, dinamizan esta ecología. También podemos aludir a la presencia de consensos, disensos y diversidades; así como a continuidades, rupturas, discontinuidades, avances y, en algunos casos, vueltas atrás; es decir, hallamos una ecología caracterizada por su propio devenir.

En relación con los componentes enunciados, retomamos los propósitos de esta investigación para resaltar que en nuestro recorrido histórico-epistemológico por el devenir del concepto sustancia, hallamos que las *ecologías intelectuales* se caracterizan por la presencia de viejos marcos conceptuales que se yuxtaponen, engranan y complementan con nuevas perspectivas teóricas, formando complejas redes de relaciones de significado. Y que a los logros intelectuales de los científicos se articulan restricciones, limitaciones y contradicciones de los mismos, en el marco de una diversidad explicativa que nos permite poner en tela de juicio el carácter dogmático endilgado a las ciencias.

En este orden de planteamientos, arribamos a la pregunta por las buenas razones que hacen posible la aceptación consensuada de explicaciones, así como la persistencia de explicaciones que desde otros contextos o situaciones son consideradas como erróneas e irracionales. Interrogante desde el cual hacemos un llamado a desvelar condiciones de posibilidad que llevan al privilegio y a la hegemonía algunos modelos, conceptos, procesos, valores y requisitos científicos, en detrimento de otros.

Aludimos al reconocimiento de condiciones y razones, no asépticas, siempre cruzadas por asuntos políticos, éticos, ideológicos y económicos, que tienen que ver con la selección de aquello que se impone o que se elige como digno de ser investigado, divulgado y enseñado. Con Toulmin reconocemos la presencia de la *racionalidad* como factor dinamizador de las ecologías intelectuales y con base en sus contribuciones teóricas avanzamos en la perspectiva de trabajar en la posibilidad de la enseñanza explícita e intencional de la *flexibilidad intelectual* que dinamice la ecología representacional en dirección de formación para la autonomía, la crítica y la responsabilidad ciudadana.

Interesados en trascender el dogmatismo y con la convicción de que es posible enseñar a razonar y a pensar, enseñando a argumentar, retomamos los planteamientos de las perspectivas cognitivas y epistemológicas que iluminan este estudio para reiterar que representaciones externas como los argumentos elaborados con base en el modelo toulminiano, hacen posible un ejercicio metacognitivo y de autorregulación en la vía de analizar y cualificar posturas, creencias, perspectivas, valores, explicaciones y razonamientos.

En relación con las anteriores cuestiones podemos decir que su presencia en la ecología representacional se constituye en posible indicador de la apropiación que los seminaristas han hecho de discusiones planteadas en éste y en otros espacios de formación de su carrera profesional y que recordamos, se explicitan por acción de reactivo revelador que adjudicamos a los cuestionarios y textos de apoyo que animan las discusiones del Seminario. Es importante resaltar que la apropiación no es aséptica, está cruzada por múltiples factores, entre los que destacamos los relacionados con la articulación entre las cuestiones de los ámbitos individual y sociocultural.

En este orden de consideraciones, en la vía de profundizar y precisar la caracterización de la ecología representacional, resaltamos que los estudiantes comparten una perspectiva epistemológica moderada en la que más allá de las críticas al científicismo se acepta el carácter sociocultural, cambiante y no dogmático de las ciencias. Postura epistemológica que se constituye, a nuestro juicio, en condición de posibilidad para posicionar la propuesta toulminiana de argumentación, en tanto permite la toma de distancia de la lógica formal y un reconocimiento a la importancia de la lógica sustantiva en relación con la construcción de explicaciones.

Aludimos al predominio y acogida otorgada por los seminaristas a la perspectiva epistemológica moderada; no obstante, resaltamos que en la ecología hacen presencia rasgos de tendencias como el positivismo lógico, empirismo y dogmatismo racionalista, entre otras. En el contexto de esta diversidad reconocemos la presencia de elementos y características que permanecen incólumes, aún después de los cuestionamientos a los que son sometidos en el Seminario.

En relación con esos rasgos, podemos decir que en la ecología representacional están presentes elementos de difícil *remoción* o *cambio* y que aunque a la luz de lecturas, debates o conferencias dichos elementos se pueden ver cuestionados, algunas convicciones permanecen inamovibles y muy arraigadas. Nos referimos a asuntos de orden epistemológico, del ámbito disciplinar y a cuestiones relacionadas con los hilos que se tejen entre estos campos de conocimiento.

Así por ejemplo, resaltamos que aún en expresiones que aluden a tendencias contemporáneas sobre la naturaleza del conocimiento científico, enunciados en los que se critica el cientificismo y el dogmatismo que le es inherente, es posible hallar, paradójicamente, que dicha crítica se hace en tono dogmático; en lo que nos parece, la apropiación de conocimientos ocurre a modo de aceptación de verdades incuestionables.

Respecto al componente disciplinar, como lo expresan reiteradamente los participantes, las actividades del Seminario les han permitido reconocer que sus bases conceptuales en la Química son débiles, cuestión que cruzada con los análisis de los MAT, deja ver que son múltiples las problemáticas y falencias en la comprensión del concepto *sustancia* y de otros conceptos que con éste hemos hallado relacionados a lo largo de este estudio.

Al respecto, es justo señalar nuestro reconocimiento a que la dificultad expresada por los seminaristas respecto al uso del MAT, puede estar a la base de muchas de las cuestiones que identificamos como inadecuadas en sus argumentos. Sin embargo, tomando distancia de juicios de valor y generalizaciones inapropiadas, reconociendo la pluralidad de factores que intervienen en los aprendizajes, nos interesa llamar la atención sobre asuntos que los seminaristas cuestionan respecto a su formación en lo disciplinar.

En relación con dichos asuntos, de nuestros análisis es posible inferir lazos entre los aspectos inadecuados respecto a la Química y las fuentes en las que se basan para su aprendizaje, libros de texto; fuentes de las que podemos decir, adolecen de imprecisiones, presentan perspectivas dogmáticas y no se ocupan de asuntos tan importantes como los que permiten explicitar las relaciones entre los ámbitos concreto y abstracto, macro y submicro, entidad y representación.

En este punto resaltamos la forma como las anteriores reflexiones se hacen presentes en algunas propuestas de enseñanza elaboradas por los seminaristas, en las que es posible identificar que la búsqueda de fuentes bibliográficas diferentes a los libros de textos y, sobre todo, la posibilidad de recurrir a investigaciones que tiene que ver con la enseñanza de la Química desde una perspectiva epistemológica, les permiten una mejor aproximación a las cuestiones de orden disciplinar.

Es posible aludir a que en las propuestas de enseñanza elaboradas por los seminaristas, hay logros interesantes en el uso y significados del concepto sustancia, respecto a lo hallado en nuestros análisis de los MAT y otros productos académicos objeto de estudio. No obstante, en algunas de estas propuestas persisten o permanecen inamovibles, significados químicamente no adecuados.

En relación con ello, resaltamos que la presencia de esos aspectos inadecuados coinciden con la presencia de rasgos de perspectiva positivista y con el privilegio que muestran esas propuestas por fuentes del tipo libros de texto e internet, en las que se presentan definiciones ancladas en información que además de ser poco apropiada, ofrecen exigua posibilidad de mostrar la Química como saber cambiante, con pluralidad de representaciones y explicaciones.

En este punto retomamos nuestros cuestionamientos a libros de texto y a otros mediadores que privilegian la enseñanza basada en informaciones del tipo definiciones, como dogmas inmutables o verdades incuestionables. Sobre este asunto recordamos que a pesar del trabajo juicioso de Mendeleiev y del mérito reconocido a sus investigaciones, las precisiones que introduce este científico respecto a los conceptos elemento y sustancia simple, un siglo después de su divulgación, no son objeto explícito de enseñanza en los libros de texto.

Por el contrario, es posible hallar en algunos de estos libros, confusiones que se evidencian en el privilegio a definiciones del siglo XVIII, como las lavoisierianas, en las cuales se perpetúan perspectivas inscritas en marcos de corte positivista y empirista que podrán obstaculizar la comprensión de los modelos científicos como tales, es decir, como representaciones e invenciones con poder explicativo y predictivo que puede ser amplio, pero también contextual, transitorio y restringido.

Como una vía para trascender los problemas planteados, nuestra propuesta va dirigida a una formación desde la cual sea posible tomar distancia y hacer uso crítico y reflexivo de aquellas propuestas didácticas que perpetúen cuestiones como las anotadas. Una perspectiva que opuesta al dogmatismo y al positivismo, se abra a la posibilidad de comprender la ciencia en términos de construcción de *hechos científicos*, de fábrica de fenómenos.

Lo anterior se constituye para nosotros en un reto que planteamos en doble vía; la primera en relación con las implicaciones desde el punto de vista pedagógico y didáctico, en el sentido de entender la enseñanza como apoyo a la construcción de nuevas realidades y, de otro, quizás más importante, pero no separada de la anterior, la esperanza inmanente de una formación para la construcción de mundos posibles en los que buscando los consensos, se reconozcan los disensos, las diferencias y las diversidades. Un mundo para la argumentación y el diálogo razonado.

Desde estas esperanzas e ideales, pasamos a considerar algunas posibles acciones que permitan, a partir de nuestras indagaciones elaborar propuestas encaminadas a la cualificación de algunos aspectos implicados; de un lado en el Seminario de lógica de las Ciencias y de otros espacios formativos del Programa de Licenciatura en el que este curso se inscribe. No es nuestra pretensión generalizar, no obstante consideramos que algunas de las reflexiones aquí incluidas puedan servir para dinamizar las reflexiones en torno a enseñanza de las ciencias.

6.2 Perspectivas en el horizonte de futuro

El reconocimiento positivo que hacen los seminaristas nos anima a seguir trabajando en la vía de abrir camino hacia una mayor acogida de la propuesta de *enseñanza como argumentación*. Asimismo, consideramos pertinente incluir las reflexiones presentadas en este trabajo, en etapas más tempranas de la formación inicial de los profesores de ciencias.

Con la convicción de que el aprendizaje resulta de las diferentes interacciones que los sujetos tienen con las situaciones que se les presentan en el tiempo, esta

investigación nos permite sugerir que la anticipación de *espacios pedagógicos* o cursos que fomenten el debate y la crítica, podrían constituirse en oportunidades que contribuyan a la construcción de flexibilidad intelectual, para los profesores en formación y en ejercicio.

En este sentido, reivindicamos la importancia del Seminario de Lógica de las Ciencias, en tanto su perspectiva sea la de privilegiar la *argumentación sustantiva* como pretexto y punto de apoyo para incentivar la formación de un profesorado con actitud crítica, abierta y reflexiva. De igual forma reconocemos que los logros del Seminario son posibles por la formación que propician otros seminarios del núcleo de Historia y Epistemología de las Ciencias, de las Didácticas Específicas y de los espacios para la Investigación formativa.

Aunque no es responsabilidad exclusiva del Seminario, sí corresponde a este espacio crear y proponer condiciones para impulsar la formación de profesores que como formadores de nuevas generaciones, se responsabilicen de una enseñanza de las ciencias que responda a las necesidades y exigencias del mundo contemporáneo; es decir, a la formación de ciudadanos críticos, autónomos, capaces de sustentar sus propias decisiones y respetuosos de otros puntos de vista, de la pluralidad y la diversidad.

Es tarea del Seminario incentivar la argumentación que de un lado, hace posible la aceptación razonada, no dogmática, de una explicación científica y, de otro, más importante aún y no separable de lo anterior, posibilita una formación para el debate y la crítica; así como, para el consenso, el disenso, el reconocimiento a las diversidades, el cambio, el devenir.

Al respecto, desde una perspectiva ética, consideramos imprescindible atender el llamado que nos hacen los seminaristas sobre las dificultades que afrontaron en el aprendizaje de la argumentación y, específicamente, con el modelo toulminiano, en tanto nuestro propósito es que lo aprendido en el Seminario se convierta en objeto de enseñanza; es decir, esperamos que los seminaristas incentiven la argumentación en el aula.

Requiere toda nuestra atención el cuestionamiento que hace una de los participantes del seminario cuando plantea: *¿Cómo enseñar lo que no sé?* Dejamos abierta esta

pregunta sobre las mejores formas de *enseñar a enseñar* la *argumentación* y al respecto consideramos pertinente, primero la búsqueda de nuevas estrategias para la enseñanza de estos asuntos y, segundo, nuestra apertura a la inclusión de otras propuestas sobre argumentación, evitando caer en el encasillamiento.

Siguiendo con la pretensión de cualificar el Seminario, identificamos los logros alcanzados como condiciones de posibilidad para una mejora. Aunque discretos, estos logros se hacen visibles en, por ejemplo, los trabajos finales; abarcan no sólo lo disciplinar y lo epistemológico, tienen que ver fundamentalmente con la flexibilidad intelectual y se concretan en la construcción de preguntas de investigación que como lo anotamos, problematizan la enseñanza trascendiendo la búsqueda de fórmulas y recetas pedagógicas.

En el mismo sentido, valoramos la inclusión y relevancia dada por los seminaristas a asuntos sociocientíficos y a las discusiones que permiten ahondar en perspectivas pedagógicas y didácticas para una formación humanista, crítica y constructiva. En términos toulminianos, requerimos incentivar el significado de la enseñanza como posibilidad para compartir una cultura, legando como invaluable componente de la misma, el motor que ha permitido su permanente devenir, la racionalidad.

Mirando más allá del Seminario de lógica de las ciencias, en la vía de encontrar posibilidades de cualificación en la formación los profesores y como una salida a cuestionamientos acerca de que las reflexiones y discusiones del mismo *llegan tarde* al proceso de formación, consideramos prioritario proponer para el Programa de Licenciatura algunos cambios, no sólo en plan de estudios, sino en el *contenido* de los cursos o espacios de conceptualización que hacen parte de dicho plan.

Entre estas discusiones resaltamos las que tienen que ver con los lazos de relación entre las cuestiones de orden epistemológico con las del ámbito disciplinar. Lazos que hacemos visibles en la ecología representacional y que nos permiten plantear una reflexión sobre la enseñanza de la Química en el Programa de Licenciatura al que pertenecen los maestros en formación que participan en esta investigación. De acuerdo con lo explicitado por estos estudiantes, la enseñanza de esta disciplina hoy no incluye explícitamente reflexiones histórico-epistemológicas.

En esta línea planteamos que profesores expertos en las diversas especialidades de la Química, con el apoyo de investigadores de la Historia, la Epistemología de Química y mediante un trabajo cooperado construyan los *planes de curso* en los que las reflexiones que aquí presentamos tengan un lugar privilegiado. Una propuesta en la que sea posible pensar la Química como un legado cultural y como espacio para la invención de explicaciones, al tiempo que se incentiva el uso crítico y propositivo de fuentes como los libros de texto, los tradicionales manuales de laboratorio y las nuevas tecnologías de la información y la comunicación.

En este orden de planteamientos, es importante que una estructuración de la Licenciatura posibilite un mayor grado de diálogos entre los diversos espacios de conceptualización, es decir, que se hagan visibles las posibles relaciones entre los espacios en los que se privilegian las reflexiones del ámbito epistemológico, con las del campo de las Ciencias experimentales, las del campo pedagógico y las didácticas específicas. Lazos que conviene, vayan más allá de los llamados *requisitos* para permitir, por ejemplo, participación de profesores de un curso a los de otro campo, con el fin de propiciar debates en dichos espacios.

El apoyo de los cursos en grupos académicos que se responsabilizan de los mismos, es una experiencia que se viene propiciando y cada vez tiene mayor presencia en la Facultad de Educación y es a nuestro juicio una condición de posibilidad para las propuestas que aquí estamos dibujando. No obstante, se requiere un mayor diálogo entre campos de saber y mayor reconocimiento a la importancia de saberes como los que tienen que ver con la Didáctica de las ciencias y con los estudios en Historia y Epistemología; reconocimiento que está a la base de los diálogos entre las Facultades que apoyan la Licenciatura, la de Educación y la de Ciencias Exactas.

Para finalizar esta breve proyección a futuro, nos atrevemos a transgredir las pretensiones de un estudio de caso, para proponer que en un país como el nuestro – rico en diversidades culturales, con enorme potencial humano, y una naturaleza generosa; no obstante, atravesado por la violencia sin límite, el empobrecimiento y degradación humana, y por el deterioro de los ecosistemas–, la educación en ciencias naturales, es responsable de una formación humanista, basada en el respeto y en la responsabilidad social de propender por actuaciones democráticas y civilistas.

En este sentido nos corresponde a profesores e investigadores de nuestro país, seguir la ruta de indagaciones que nos permitan cimentar nuevas propuestas pedagógicas y didácticas que hagan posibles las ilusiones y pretensiones que presentamos en este trabajo. Especialmente el ideal de contribuir con la construcción de un país en el que sus ciudadanos asuman la responsabilidad individual y colectiva de apertura al diálogo y al consenso, aceptando los disensos y las diversidades.

Con base en las cuestiones planteadas, en lo que sigue hacemos explícitas algunas consideraciones que reconocemos complejas y merecedoras de una discusión permanente, con el ánimo de tornarlas no sólo objeto de análisis, sino punto de partida de otras investigaciones.

6.3 En relación con los alcances de algunos de nuestros presupuestos

Un asunto que puede resultar cuestionable es la pluripotencialidad que endilgamos al modelo toulminiano de argumentación. Al respecto conviene aclarar que este modelo es útil especialmente para argumentos relativamente simples; no obstante, nos mantenemos en sostener que los elementos y las características que en este trabajo analizamos, pueden ser guía para la construcción de argumentos complejos, siempre que se evite el uso de la estructura a modo de algoritmo.

De igual manera reconocemos importante trabajar con propuestas que nos permitan mejorar el aprendizaje de estrategias para la argumentación y, en este sentido, además de cualificar el trabajo con el modelo toulminiano, consideramos necesario superar el encasillamiento, para trasegar por otras propuestas sobre la argumentación. Asimismo, señalamos prioritario considerar con sentido crítico y no dejar de lado los aportes de la lógica formal a la construcción de conocimientos.

Esta última cuestión concierne con nuestro reconocimiento a la pluralidad de lógicas que se conjugan en toda actividad sociocultural; y al respecto, aceptamos que por el necesario recorte que implica un trabajo de tesis, se nos han quedado en un nivel marginal las reflexiones que planteamos respecto a: primero, la presencia de representaciones sociales en la ecología representacional y, segundo, la responsabilidad

que endilgamos a la enseñanza en la vía de trascender la construcción de dichas representaciones y propiciar la construcción de representaciones relacionadas con explicaciones de carácter científico, es decir, más cercanas a las ecologías intelectuales.

En relación con estas construcciones, nos interesa retomar la discusión en torno al concepto *enculturación*; un concepto que identificamos problemático cuando se lo relaciona con la transmisión acrítica de culturas hegemónicas¹⁴⁵; significado alejado del que acogemos en este trabajo, el toulminiano, que alude a la posibilidad de hacer propio un saber disciplinar; es decir, a la posibilidad de hacer suya una ecología intelectual y con ella, la razonabilidad como su elemento dinamizador.

Desde esta perspectiva y con un respetuoso reconocimiento a la pluralidad y al valor intrínseco de las diversas culturas y saberes, consideramos que hoy en la sociedad del conocimiento, es un derecho de los ciudadanos hacer suya la cultura científica; apropiación que implica, como lo planteamos en esta tesis, la responsabilidad de los profesores en la calidad con la que hacemos partícipes a los estudiantes del legado cultural que les queremos compartir. Por ello cerramos estas reflexiones con las palabras de Toulmin (1977) acerca de la enseñanza y el aprendizaje, como invitación suya y nuestra a propiciar espacios de debate y crítica en las clases de Ciencias.

La calidad del proceso de enseñanza se mide no por la exactitud con que se manejan los conceptos científicos, sino por las actitudes críticas con que los estudiantes aprenden a juzgar aún los conceptos expuestos por sus mismos maestros. (...) Desde el punto de vista de los aprendices es como si el contenido y el programa intelectual de sus ciencias tuviesen que ser re-creados de nuevo en cada generación. (...) con el tiempo, reevaluaran por si mismos los problemas...

¹⁴⁵ De acuerdo con el Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua –RAE–, enculturación es el proceso por el cual una persona adquiere los usos, creencias, tradiciones, etc., de la sociedad en la que vive.

BIBLIOGRAFÍA

- Adúriz-Bravo, A. (2005). Conferencia: ¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias? Una cuestión actual de la investigación en didáctica. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 2º Congreso sobre Formación de Profesores de Ciencias del 25 al 28 de Mayo. *Número Extra*, 23-33.
- Aromático, A. (1998). *Alquimia: el secreto entre la ciencia y la filosofía*. Barcelona: Ediciones B.
- Bachelard, G. (1973). Conocimiento común y conocimiento científico. En D. Lecourt (Comp.). *Epistemología*. (pp. 99-113). Barcelona: Anagrama.
- Bachelard, G. (1975). *La actividad racionalista de la Física Contemporánea*. Buenos Aires: Siglo Veinte Editores.
- Bachelard, G. (1976/1994). Conocimiento común y conocimiento científico. En L. A. Paláu (Comp.) *Textos para una historia y una pedagogía de las ciencias* (pp. 153-170) Medellín, Colombia: Secretaría de Educación y Cultura de Antioquia.
- Bachelard, G. (1982). *La formación del espíritu científico: contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo*. Buenos Aires: Siglo veintiuno Editores.
- Bensaude-Vincent, B. (1991). Mendeleiev: historia de un descubrimiento. En M. Serres (Ed.) *Historia de las ciencias* (pp. 503-525) Madrid: Cátedra
- Bertomeu, J. R. & García, A. (2006). *La Revolución Química: entre la historia y la memoria*. Valencia: Publicaciones Universitat de València.
- Brock, W. H. (1998). *Historia de la Química*. Madrid: Alianza Editorial.
- Caballero, M, De Echano, J., Martínez, E., Montarelo, P. & Navret, I. (1999) *Noesis: Historia de la filosofía*. Barcelona. Vicens Vives
- Carney, R. & Levin, J. (2002). Pictorial illustrations *still* improve students' learning from text. *Educational Psychology Review*, 1(14), 5-26.

- Carey, S. (1991). Knowledge acquisition: enrichment or conceptual change? En E. Margolis & S. Laurence (Eds.), *Concepts: Core reading* (pp. 459-487). Cambridge, MA: MIT Press.
- Carretero, M. (1997). *Construir y enseñar las ciencias experimentales*. Buenos aires: Aique.
- Cazden, C. (1991). *El discurso en el aula. El lenguaje de la enseñanza y el aprendizaje*. Barcelona: Paidós-MEC.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Méndez: Aique.
- Cubillos, G. (1989). Alquimia: filosofía y praxis. En G. Cubillos, F. M. Poveda & J. L. Villaveces, *Hacia una historia epistemológica de la Química* (pp. 145-232). Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Custodio, E. & Sanmartí, N. (2005). Mejorar el aprendizaje en la clase de ciencias aprendiendo a escribir justificaciones [Versión electrónica]. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, Número Extra, VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Extraído el 15 Julio, 2006, de http://ensciencias.uab.es/congres2005/material/Simposios/10_construccion_discurs/Custodio_754.pdf
- Chaparro, C: & Gramajo, M. (1999). Newton y la tradición hermética: entre planetas y metales. *Revista Física Y Cultura: Cuadernos Sobre Historia Y Enseñanza De Las Ciencias*. 5, 73-102
- De Vega, M. (1984). *Introducción a la Psicología Cognitiva*. Madrid: Alianza Editorial.
- Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classroom. [Versión electrónica] *Science Education*, 3(84), 287-312. Extraído el 25 Mayo, 2006, de <http://www3.interscience.wiley.com/journal/71007660/issue>

- Duchastel, P., Fleury, M., & Provost, G. (1988). Rôles cognitifs dans l'apprentissage scolaire. *Bulletin de Psychologie*, 386, 667-671. Extraído el 14 Mayo, 2006, de http://www.bulletindepsychologie.net/vente/achat/produit_details.php?id=177&PHPSESSID=1d9f4f5971beec1e1e78f5d6e8eba515
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science [Versión electrónica]. *Science Education*, 6(75), 649-672. Extraído el 25 Mayo, 2006, de <http://www3.interscience.wiley.com/journal/112768146/issue>
- Duschl, R., Ellenbogen, K. & Erduran, S. (1999, abril). *Understanding dialogic argumentation*. Paper presented at the annual meeting of American Educational Research Association, Montreal, Canadá.
- Duschl, R. & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 1(38), 39-72.
- Duval, R. (2004a). *Semiosis y pensamiento humano: registros semióticos y aprendizaje intelectual*. Cali, Colombia: Peter Lang/Universidad del Valle.
- Duval, R. (2004b). *Los problemas fundamentales en el aprendizaje de las matemáticas y las formas superiores en el desarrollo cognitivo*. Cali, Colombia: Universidad del Valle, Instituto de Educación y Pedagogía.
- Einstein, A. (1933/1994). La teoría y la experiencia. En L. A. Paláu (Comp.), *Textos para una historia y una pedagogía de las ciencias* (pp. 147-151). Medellín, Colombia: Secretaría de Educación y Cultura de Antioquia.
- Eirexas, F., Agraso, M. F., Jiménez-Aleixandre, M. P. & Díaz de Bustamante, J. (2005). Calidad en las justificaciones, uso de conceptos y consistencia entre datos e inferencias en la toma de decisiones [Versión electrónica]. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, Número Extra, VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Extraído el 25 Mayo, 2006, de http://ensciencias.uab.es/congres2005/material/Simposios/10_construccion_discurs/Eirexas_598.pdf

- Eisenk, M. W. & Keane, M. T. (1994). *Psicología cognitiva: un manual introductorio*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Erduran, S., Simon, S. & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education*, 6(88), 915-933.
- Feyerabend, P. K. (1989). *Contra el método*. Barcelona: Ariel.
- Foucault, M. (2007). *La arqueología del saber*. México: Siglo veintiuno
- Furió-Mas, C & Domínguez-Sales, C (2007). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia compuesto químico. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 2(25), 241-258.
- Giordan, A & De Vecchi, G (1995) *Los orígenes del saber: de las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla: Díada.
- Gil, D., Carrascosa, J. & Torrades, F. (1999). El surgimiento de la didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos. *Revista Educación y Pedagogía*, 25(11), 13-65
- Goetz, J.P. & LeCompte, M.D. (1998). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Evaluación del diseño etnográfico. Madrid: Morata S.A.
- Goldman, S. R. (2003). Learning in complex domains: When and why do multiple representations help? [Versión electrónica]. *Learning and Instruction*, 2(13), 239-244. el 25 Mayo, 2006, de http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VFW-461XHHD-5&_user=506061&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1134112590&_rerunOrigin=google&_acct=C000025027&_version=1&_urlVersion=0&_userid=506061&md5=53ec5ae04ecdd301e4cfe608c1192388
- Goodman, N. (1995). *De la mente y otras materias*. Madrid: Visor.

- Greca, I. (2000). Representaciones mentales. En *Actas del PIDEDEC*, (2), 69-106.
- Greca, I. & Moreira, M. A. (1997). The kinds of mental representations –models, propositions and images– used by college physics students regarding the concept of field. *International Journal of Science Education*, 6(19), 711-724.
- Greca, I. & Moreira, M. A. (1998). Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 2(16), 289-303.
- Greca, I & Moreira, M. A. (1999). Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de Física General, estudiantes de postgrado y físicos profesionales, 1, Artículo5. Extraído el 15 de Mayo de 2006 de <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N1/5artigo.htm>
- Greca, I. & Moreira, M. A. (2000a). Representaciones mentales. Modelos mentales. En *Actas de la I Escuela de Verano en Enseñanza de las Ciencias*. Universidad de Burgos, 253-296.
- Greca, I. & Moreira, M. A. (2000b). *Conceptos. Texto de apoyo para el Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias*. Universidad de Burgos, Burgos, España; UFRGS, Porto Alegre.
- Heisenberg, W. (1985). *La imagen de la naturaleza en la física actual*. Barcelona: Orbis.
- Henao, B. L. & Stipcich, M. S. (2008). Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(7), Artículo3. Extraído el 23 Julio, 2008, de http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen7/ART3_Vol7_N1.pdf.
- Henao, B. y Stipcich, S. y Moreira, M.A. (2009). Sustancia en el devenir de le Química: dime cómo te buscan y te diré quien eres. *Revista Ciência & Educação*. 3(15), 497 - 514.

- Hennessey, G. (1991). *Analysis of conceptual change and status change in sixth-graders concepts of force and motion*. Tesis de Postdoctorado, University of Wisconsin, Madison, Estados Unidos. Source: Dissertation Abstracts International, Volume: 52-07, Section: A, page: 2389.
- Hernández, G. (1998). *Paradigmas en psicología de la educación*. México: Paidós.
- Hewson, P.W. y Thorley, R. (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. *Internacional Journal of Science Education*, 11(5), pp. 541-553.
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 6(25), 645-670.
- Ibáñez, T. (1988). *Ideología de la vida cotidiana*. Barcelona: Sendai.
- Izquierdo, M. & Aduriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, [Versión electrónica] 1(12), 27-43. Extraído el 09 Abril, 2006, de <http://www.springerlink.com/content/u4662631u2787514/fulltext.pdf>
- Jiménez, J. & Perales, F. (2002). La evidencia experimental a través de la imagen de los libros de texto de Física y Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(1), Artículo5. Extraído el 21 de Junio de 2006 de <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen1/Numero2/Art5.pdf>
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, 11(24), 1171-1190.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2005). *Resumen. La construcción del discurso científico socialmente contextualizado* [Versión electrónica]. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, Número Extra, VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias*. Extraído el 15 de Mayo de 2006, de http://ensciencias.uab.es/congres2005/material/Simposios/10_construccion_discurs/0Resumen10.pdf

- Jiménez-Aleixandre, M. P., Bugallo, A. & Duschl, R. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 6(84), 757-792.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. & Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas [Versión electrónica]. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 16, 3(21), 359-370.
- Jodelet, D. (1986). La Representación social: fenómenos, concepto y teoría. En S. Moscovici et al. *Psicología Social II* (pp. 469-494). Barcelona: Paidós.
- Johnson-Laird, P. (1993a). *El ordenador y la mente*. Barcelona: Paidós.
- Johnson-Laird, P. (1993b). *Mental models*. New York: Harvard University Press.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. [Versión electrónica]. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 2(24), 173-184. Extraído el 15 de mayo de 2006, de <http://ensciencias.uab.es/revistes/24-2/173-184.pdf>
- Kelly, G., Chen, C. & Prothero, W. (2000). The epistemological framing of a discipline: Writing science in university oceanography. *Journal of Research in Science Teaching*, 7(37), 691-718.
- Kelly, G., Druker, S. & Chen, C. (1998). Students' reasoning about electricity: combining performance assessments with argumentation analysis. *International Journal of Science Education*, 7(20), 849-871.
- Kelly, G. & Green, J. (1998). The social nature of knowing: Toward a sociocultural perspective on conceptual change and knowledge construction. En B. Guzzetti & C. Hynd (Eds.), *Perspectives on conceptual change: multiple ways to understand knowing and learning in a complex world* (pp. 145-181). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Kelly, G. & Takao, A. (2002). Epistemic levels in argument: An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, 3(86), 314-342.
- Knorr-Cetina, K. (1995). Laboratory studies: The cultural approach to the study of science. En S. Jasanoff, G. Markle, J. Petersen & T. Pinch (Eds.), *Handbook of science and technology studies* (pp. 140-166). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Kozma, R. (2003). Material and Social Affordances of Multiple Representations for Science Understanding. *Learning and Instruction*, 13(2), 205-226.
- Kozulin, A. (1995). Vigotsky en Contexto. En L. Vigotsky *Pensamiento y lenguaje*. Traducción y edición de A. Kozulin (pp. 9-40). Barcelona: Paidós.
- Kuhn, D. (1992). Thing as argument. *Harvard Educational Review*, 66, 155-178.
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 3(77), 319-337.
- Kuhn, T. (1982). *La tensión esencial: estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Kuhn, T. (1992). *La estructura de las revoluciones científicas*. Santa Fe de Bogotá: Fondo de Cultura Económica.
- Lagreca, M. & Moreira, M. A. (1999). Tipos de representações mentais utilizadas por estudantes de Física Geral na área de Mecânica Clássica e possíveis modelos mentais nessa área. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 1(21), 202-215. Extraído el 23 Diciembre, 2006, de http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v21_202.pdf
- Lakatos, I. (1987). *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. (2ª ed.). Madrid: Tecnos.
- Latour, B. & Woolgar, S. (1995). *La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza Editorial.

- Laudan, L. (1986). *El progreso y sus problemas. Hacia una teoría del progreso científico*. Madrid: Ediciones Encuentro.
- Lavoisier, A. L. (1982). *Tratado elemental de Química*. Madrid: Ediciones Alfaguara.
- Linares LópezLage, R M. (2004) Elemento, átomo y sustancia simple. *Una reflexión a partir de la enseñanza de la Tabla Periódica en los cursos generales de Química*. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Barcelona. Extraído el 26 Julio, 2006, de http://www.tesisenxarxa.net/TESIS_UAB/AVAILABLE/TDX-1010105-200928//rml11de2.pdf.
- Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje aprendizaje y valores*. Temas de Educación. Paidós: Barcelona
- Levie, W. & Lentz, R. (1982). Effects of text illustration: A review of research. *Educational Communications and Technology Journal*, 4(30), 195-232.
- Llorens, J. A. (1991). *Comenzando a aprender Química: ideas para el diseño curricular*. Madrid: Visor.
- Lüdke, M y André, M. (1986). *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. Sao Paulo: Editora Pedagógica e Universitaria.
- Luria, A., Leontiev, A. & Vigotsky, L. (1986). *Psicología y Pedagogía*. Madrid: Akal.
- Markmann, A. (1999). *Knowledge representation*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Martí, E. & Pozo, J. (2000). Más allá de las representaciones mentales: la adquisición de los sistemas externos de representación. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 11-30.
- Martínez, M. M. & Ibáñez, M. T. (2006). Resolver situaciones problemáticas en genética para modificar las actitudes relacionadas con la ciencia [Versión electrónica]. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 2(24), 193-206. Extraído el 5 Febrero, 2007, de <http://ensciencias.uab.es/revistes/24-2/193-206.pdf>

- Matthews, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual [Versión electrónica]. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 2(12), 255-277.
- Maturana, H. (1996). *El sentido de lo humano* (8ª ed.). Santiago de Chile: Dolmen Ediciones.
- Mellado, V. & Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias [Versión electrónica]. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 3(11), 331-339.
- Mayer, R. & Gallini, J. (1990). When is an illustration worth ten thousand words? *Journal of Educational Psychology*, 4(82), 715-726.
- Mayer, R., Bove, W., Bryman, A., Mars, R. & Tapangco, L. (1996). When less is more: Meaningful learning from visual and verbal summaries of science textbook lessons. *Journal of Educational Psychology*, 1(88), 64-73.
- Moliner, P. (1996) *Images et représentations sociales*. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble.
- Moreira, M. A. (1995). *Ensino e aprendizagem*. Sao Paulo: Moreas.
- Moreira, M. A. (1996). *La Teoría de los Modelos Mentales de Jhonson-Laird. Texto de apoyo, 12, Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias*, Universidad de Burgos, Burgos, España; UFRGS, Porto Alegre.
- Moreira, M. A. (2000). Modelos Mentales. En *Actas de la I Escuela de Verano en Enseñanza de las Ciencias*, Universidad de Burgos, Burgos, España; UFRGS, Porto Alegre, 297-345.
- Moreira, M. A. (2005). Aprendizaje significativo crítico [Versión electrónica]. *Indivisa. Boletín de Estudios e Investigación*, 6, 83-102.
- Moscovici, S. (1961). *El psicoanálisis, su imagen y su público*. Buenos Aires: Huemul.

- Moscovici, S. (1984). The phenomenon of social representations. En R. Farr & S. Moscovici (Eds.), *Social representations* (pp. 3-69). Cambridge: Cambridge University Press.
- Moscovici, S. (1985). El campo de la Psicología Social. En S. Moscovici et al. *Psicología Social I* (pp. 17-37). Barcelona: Paidós.
- Moscovici, S. (1994). Prefacio. En *Textos en Representaciones Sociales* (pp. 7-16). Petrópolis: Editora Vozes.
- Moscovici, S. & Hewstone, M. (1986). De la ciencia al sentido común. En S. Moscovici et al. *Psicología Social II* (pp. 679-711). Barcelona: Paidós.
- Mosterín, J. (1984). Materia y Atomismo. En J. Mosterín. *Conceptos y teorías en la ciencia* (pp. 65-84). Madrid: Alianza Editorial.
- Nadeau, R. y Desautels, J. (1984). *Epistemology and Teaching of Science*. Ottawa: Conseil des Sciences du Canada.
- Newton, P., Driver, R. & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 5(21), 553-576.
- Norman, D. (1987). *Perspectivas de la ciencia cognitiva*. Barcelona: Paidós.
- Novak, J. (1985). *Teoría y práctica de la educación*. Madrid: Alianza Editorial.
- Ogbu, J. U., Sato, N. E. & Kim, E. Y. (1988). Anthropological inquiry. En J. Keeves (Ed.), *Educational research, methodology, and measurement: An international handbook* (pp. 48-55). Oxford: Pergamon Press.
- Osborne, J., Erduran, S. & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science [Versión electrónica]. *Journal of Research in Science Teaching*, 10(41), 994-1020. Extraído el 16 de Febrero de 2006 de <http://www3.interscience.wiley.com/journal/109800279/issue>
- Otero, M. R., Moreira, M. A. & Greca, I. M. (2002). El uso de imágenes en textos de Física. *Investigações em Ensino de Ciências*, 2(7), 127-154. Extraído el 16 de

- Perales, F. J. (2006) Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 1(24), 13–30.
- Pintrich, P., Marx, R. & Boyle, R. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 2(63), 167-199.
- Piñuel, J. L. (2002) Epistemología, metodología y técnicas de análisis de contenido. *Estudios de Sociolingüística*, 3(1), 1-42. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Extraído el 16 de Enero de 2006 de <http://web.jet.es/pinuel.raigada/A.Contenido.pdf>.
- Popper, K. (1992). *Conocimiento objetivo: un enfoque evolucionista*. Madrid: Tecnos.
- Porlán, R. (1993). *Constructivismo y escuela: hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla: Díada Editora.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 2(66), 211-227.
- Postigo, Y. & Pozo, J. (2000). Cuando una gráfica vale más que 1.000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 89-110.
- Pozo, J. I (1999). Más allá del cambio del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 17 (3), 513-520.
- Pozo, J. I. & Gómez, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Ediciones Morata.
- Rickenmann, R. (1999). Distancias y cercanías académicas en la web: la mutua influencia del contexto y de la actividad. En *Memorias del Tercer Simposio*

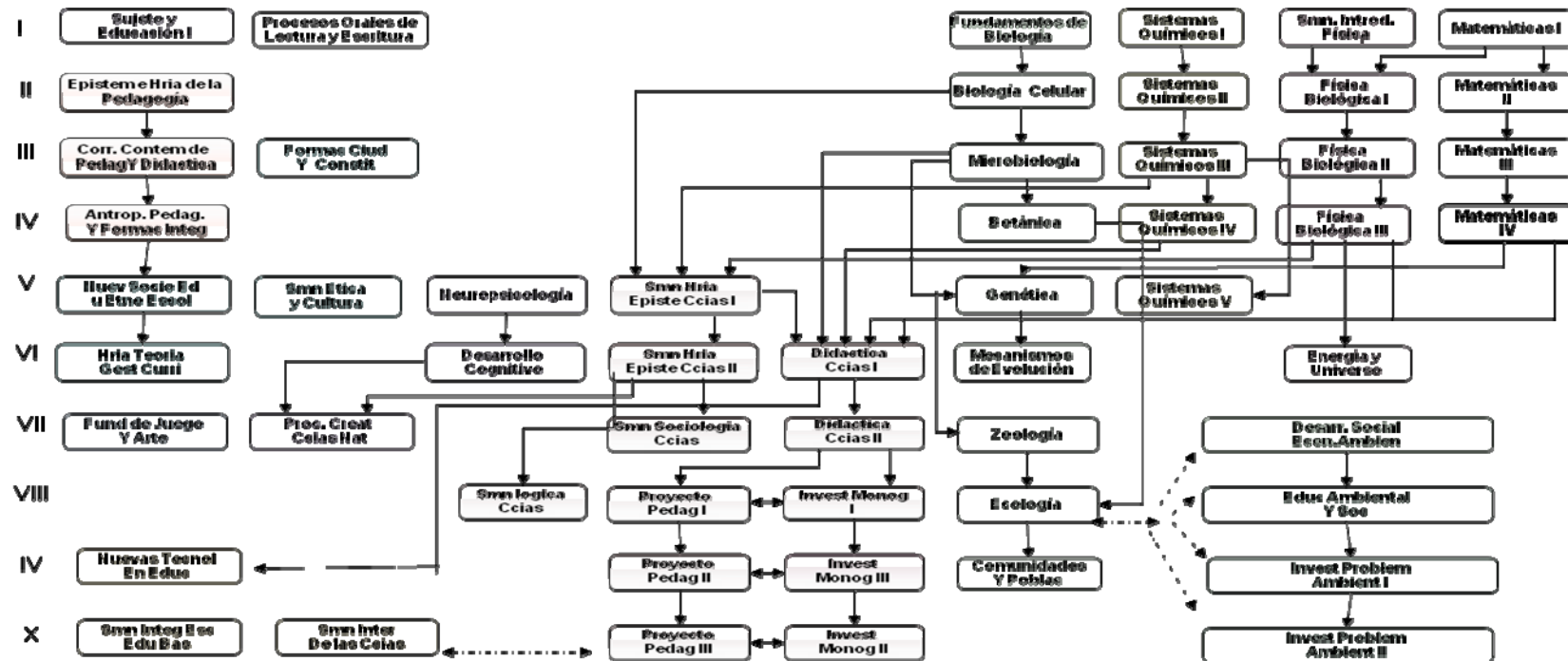
- Internacional de Educación Abierta y a Distancia* (pp. 219-237), Bogotá, Colombia: Universidad Javeriana.
- Rodríguez, G., Gil, J. & García, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Málaga: Ediciones Aljibe.
- Sá, C. (1996). *El núcleo central de las representaciones sociales*. Petrópolis: Editora Vozes.
- Sadler, T. & Zeidler, D. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, 1(42), 112-138.
- Sardá, A. y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a Argumentar Científicamente: Un reto de las Clases de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 18 (3), 405 – 422.
- Schrödinger, E. (1990). *Mente y materia*. Barcelona: Tusquets Editores.
- Schrödinger, E. (1997). *La naturaleza de los griegos*. Barcelona: Tusquets Editores.
- Segura, D. (1997). Constructivismo: ¿cambio de mirada o cambio de realidad? En XVII Congreso Nacional de Física: Enseñanza de la Física (pp. 61-79), Sociedad Colombiana de Física Medellín: Imprenta Universidad de Antioquia, Junio 16 al 20.
- Simon, H. (1987). Ciencia Cognitiva: la más nueva ciencia de lo artificial. En D. A. Norman, *Perspectivas de la Ciencia Cognitiva* (pp. 25-40). Barcelona: Paidós.
- Simonneaux, L. (2001). Role-Play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, 9(23), 903-927.
- Sousa, C. (2000). Representaciones sociales: introducción al fenómeno, ideas y conceptos fundamentales. En *Memorias de la II Escuela de Verano en Enseñanza de las Ciencias* (66-90). Universidad de Burgos, Burgos, España; UFRGS, Porto Alegre.

- Stake, R.E. (1998) *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata.
- Stengers, I. (1991). La afinidad ambigua: el sueño newtoniano de la Química del siglo XVIII. En: M. Serres (Ed.), *Historia de las ciencias* (pp. 337-361). Madrid: Cátedra.
- Strike, K.A. & Posner, G.J. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. In L. West & L. Pines, Eds., *Cognitive structure and conceptual change*. (pp. 211-231). Orlando: Academic Press
- Strike, K., & Posner, G. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. Duschl & R. Hamilton, Eds., *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (pp. 147-176). Albany, NY: Suny.
- Suefert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13, 227-237
- Sutton, C. (1992). *Words, science and learning*. Buckingham: Open University Press.
- Sutton, C. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 12, 8 - 32.
- Thagard, P. (1996). *Mind: introduction to Cognitive Science*. Cambridge, MA: The Mit Press.
- Toulmin, S. (1964a). *La filosofía de la ciencia*. Buenos Aires: Fabril Editora.
- Toulmin, S. (1964b). Experiencia y Explicación. En *El Puesto de la Razón en la Ética*. (pp. 105-121). Madrid: Revista de Occidente.
- Toulmin, S. (1964c). El razonamiento y sus usos. En *El Puesto de la Razón en la Ética*. (pp. 84-100). Madrid: Revista de Occidente.
- Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza Editorial.

- Toulmin, S., Rieke, T. & Janik, A. (1979). *An introduction to reasoning*, New York: Macmillan. Versión de Carlos Gutiérrez, C. Virtual Books. Extraído el 23 de Julio, 2008, de <http://www.geocities.com/prolenguaje/elemargumtoul.htm>.
- Toulmin, S. (2003). *Regreso a la razón*. Barcelona: Ediciones Península.
- Toulmin, S. (2006). *Os usos do Argumento*. Sao Paulo: Martins Fontes
- Villaveces, J. L. (1987). Böhr y la Química. En vida y obra de Niels Böhr: Seminario Internacional (67-96). Cali: Universidad del Valle e Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación
- Villaveces, J. L. (1989). Del sustancialismo al atomismo en Química. En G. Cubillos, F. M. Poveda & J. L. Villaveces, *Hacia una historia epistemológica de la Química* (53-62). Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Villaveces, J. (2001). La enseñanza de la estructura de los átomos y de las moléculas. *Ciencia y Tecnología*, 9, 108-118.
- Vigotsky, L. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. Traducción y edición de Alex Kozulin. Barcelona: Paidós.
- Zohar, A. (2006) El pensamiento de orden superior en las clases de ciencias: objetivos, medios y resultados de investigación. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 24(2), 157–172
- Zohar, A. & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 1(39), 35-62.

ANEXO 1

PLAN DE ESTUDIOS DE LA LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA, ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL



ANEXO 2

PROGRAMA DEL SEMINARIO LÓGICA DE LA CIENCIAS

1. IDENTIFICACIÓN GENERAL				
Facultad	Educación			
Departamento	Enseñanza de las Ciencias y las Artes			
Programa(s) Académico(s)	Licenciatura en Educación Básica, énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental			
Núcleo o Colegio Académico	Didáctica de las Ciencias			
2. IDENTIFICACION ESPECIFICA				
Espacio de conceptualización	Seminario de Lógica de las Ciencias			
Código	2024 806			
Semestre	Octavo	Nº de créditos	3	
Intensidad horaria				
Semanal	4 h/semana	Semestre	64 h/Semestre	
Características				
Teórico	X	Práctico		Teórico-Práctico
H (habilitable)	SI		NO	X
V (validable)	SI		NO	X
C (clasificable)	SI		NO	X
Prerrequisitos: (incluir códigos y nombre)				
Seminario de Sociología de las Ciencias 2024 706				
Correquisitos: (incluir códigos y nombre)				
3. DATOS DEL PROFESOR (o profesores que elaboraron el Programa)				
Nombres y Apellidos	Berta Lucila Henao Sierra			
Correo Electrónico	belucila@ayura.udea.edu.co			
Horario de Clase	Martes 08-12			
Horario de atención a estudiantes	Miércoles 08-09			
Lugar de atención a estudiantes	Oficina 9-414			
4. DESCRIPCION				
<p>Indagar los significados dados a conceptos como “lógica”, “razonamiento”, “argumentación” y “racionalidad”, en el ámbito de las disciplinas científicas, implica acercarse a las preguntas que tienen que ver con el carácter de científicidad, con los denominados criterios de demarcación; así mismo, lleva a dirigir la mirada en busca de las relaciones de dichos conceptos con los criterios de validez, confiabilidad o credibilidad y con asuntos relacionados con los llamados procesos de descubrimiento, justificación y comunicación del conocimiento.</p>				

Conceptos como “racionalidad”, “razón”, “razonamiento” y “argumentación”, han estado tradicionalmente ligados al concepto “lógica”; sin embargo, esta relación ha sido planteada con diferentes matices y los significados asignados a estos conceptos varían de acuerdo con la perspectiva epistemológica o el enfoque filosófico al cual se articulan.

En este sentido, pretendemos hacer una lectura crítica de las posturas epistemológicas que han sido hegemónicas – vg. El positivismo lógico-, desde las cuales se ha relacionado la racionalidad y la argumentación a la “lógica formal”, para asignar un valor universal y trascendente al conocimiento científico, en términos de veracidad y certidumbre. Tomando distancia de estas posturas hegemónicas, hacemos un acercamiento a la lógica sustantiva o no formal.

En relación con lo anterior, un cuestionamiento a la “Lógica” como saber que permite demostración formal de verdades, posibilita poner en duda la permanencia histórica de los criterios universales de la racionalidad y permite proponer un acercamiento a la comprensión de las funciones específicas de la “razón humana”. Desde esta perspectiva, el razonamiento es visto como público, interpersonal o social; de manera que la “lógica” involucra procesos de transacción y de consenso, en los cuales es posible poner en consideración de otras personas, ideas o aserciones soportadas en razones pertinentes y atinentes al caso y al contexto.

Es por ello que las reflexiones de orden filosófico de las que se ocupa este seminario, pretenden plantear el devenir de las ciencias como proceso de permanente construcción de procedimientos explicativos, en los cuales la “racionalidad” hace posible la crítica y la modificación de las explicaciones corrientes de las disciplinas científicas. Este punto de vista implica considerar que la relación de los conceptos “lógica”, “razonamiento” y “argumentación”, entre otros, esté permeada por la alusión a la flexibilidad intelectual y la apertura al cambio, como motores del devenir en las ciencias y, en particular, del aprendizaje de las mismas.

5. JUSTIFICACIÓN

Un consenso primordial en relación con la investigación en didáctica de las ciencias, es el reconocimiento a la importancia de los estudios sobre la naturaleza del conocimiento científico, como fuentes fundamentales para la investigación y la innovación en este campo. Es por ello que el plan de formación de la Licenciatura incluye los seminarios que se ocupan de estas reflexiones.

En relación con lo anterior, la fundamentación filosófica y epistemológica de los maestros que se forman para la enseñanza de las ciencias, se concreta de manera especial en este seminario, con base en las preguntas por las lógicas de las ciencias y las indagaciones en asuntos que se relacionan con la construcción de conocimientos; una construcción de la que hacen parte fundamental los procesos de justificación, validación y comunicación de los saberes.

Estas preguntas y asuntos, son los ejes de una de las líneas más promisorias hoy, en el ámbito de la investigación en Didáctica de las Ciencias, la de **Aprendizaje como Argumentación**. Ámbito de investigación e innovación altamente adecuado y pertinente para los maestros en formación y que por esta razón se incluye como eje fundamental de este seminario. Esta perspectiva privilegia uno de los propósitos de la Didáctica de las Ciencias Naturales, la formación para la ciudadanía, es decir, la formación para la responsabilidad social crítica y propositiva.

6. OBJETIVOS

General

Analizar las posibles contribuciones de la Lógica Sustantiva a la investigación y la innovación en didáctica de las ciencias, con el fin de articular algunos desarrollos de esta perspectiva filosófica con propuestas para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Específicos

- Analizar desde diferentes perspectivas, las relaciones entre lógica, racionalidad y argumentación.
- Identificar el papel del lenguaje y la argumentación en la construcción de conocimiento científico, su enseñanza y su aprendizaje.
- Identificar forma y contenidos de las argumentaciones de tipo toulminiano
- Construir argumentos del tipo toulminiano en el marco de contextos disciplinares

7. PROBLEMAS Y TOPICOS

Preguntas orientadores

No se abordan en una línea de continuidad. Ellas permean las discusiones de los seminarios y de las actividades que complementan estos encuentros grupales:

- ¿Cuáles son algunos de los significados y de las relaciones que se pueden establecer entre los conceptos “lenguaje”, “razonamiento”, “argumento”, desde diversas perspectivas epistemológicas y cognitivas?
- ¿Cuáles son los principales aportes de la perspectiva de S. Toulmin a los problemas implicados en el papel de la “racionalidad” en el devenir de las ciencias?
- ¿Cuál es el papel de la argumentación en la construcción de conocimiento científico?
- ¿Cuáles estrategias permiten aprender y enseñar a *argumentar* en las clases de ciencias naturales?

Bibliografía Básica

Textos de apoyo escritos por la profesora Berta Lucila Henao

Artículos y capítulos de libros

Cazden, C. (1991). *El discurso en el aula. El lenguaje de la enseñanza y el aprendizaje*. Barcelona: Paidós-MEC.

Duschl, R. y J. Osborne (2002). Supporting and promoting argumentation discourse. *Studies In Science Education*, 38, 39-72.

Jiménez-Aleixandre, M.P. (2005). Simposio la construcción del discurso científico socialmente contextualizado. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, Formato electrónico.

Jiménez-Aleixandre, M.P. y J. Díaz de Bustamante (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 16, 359-370.

Latour, B. y S. Woolgar (1995). *La vida en el laboratorio: la construcción de hechos científicos*. Madrid: Alianza Editorial.

Newton-Smith, W. (1987) *La Racionalidad de la Ciencia*. Barcelona: Paidós

Segura, D. Constructivismo: ¿cambio de mirada o cambio de realidad?. Medellín: Enseñanza de la Física Sociedad Colombiana de Física. 1997, pp. 61 – 79.

Toulmin, S (1964) El razonamiento y sus usos. En *El Puesto de la Razón en la Ética*. Madrid. Revista de Occidente. pp. 84-1004

Toulmin, S (1964) Experiencia y Explicación. En *El Puesto de la Razón en la Ética*. Madrid. Revista de Occidente. pp. 105-121

Toulmin, S. (2006). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.

Toulmin, S. (2003). *Regreso a la razón*. Barcelona: Ediciones Península.

Toulmin, S. Rieke, T. y Janik, A. (1979). *An introduction to reasoning*. New York: Macmillan.

<http://www.unl.edu/speech/comm109/Toulmin/index.htm>

<http://www.revista.unam.mx/vol.5/num1/art2/art2-2.htm>

8. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

Se privilegia la metodología de tipo seminario alemán; las actividades se centran en la lectura y análisis de textos, cuya discusión es dirigida por un relator y su respectivo correlator, con la participación activa de todos los integrantes del seminario. El protocolo elaborado a modo de memoria recoge en síntesis, los argumentos centrales y las conclusiones de cada encuentro.

Esta metodología privilegia estrategias que permitan la crítica, la construcción de consensos, el reconocimiento al disenso y, en general, la participación propositiva y sustentada de diversas posturas; así mismo, busca incentivar la escritura de textos que desde una estructura argumentativa, permitan presentar y justificar la pertinencia de propuestas para la enseñanza de las ciencias.

Protocolos y otros textos escritos, a modo de producción académica de cada seminarista, se recogen y organizan en un portafolio, en el que sea visible la permanente revisión y cualificación de dichos escritos y la forma como hacen posible la fundamentación teórica de la propuesta de una enseñanza, como trabajo que incorpore los asuntos estudiados en este seminario.

9. EVALUACIÓN

En consideración a la función formativa de la evaluación de los aprendizajes, se privilegian estrategias que permitan la autorregulación y, en consecuencia, se da un lugar importante a la autoevaluación. Así mismo, en la perspectiva de la función social de acreditar el logro de los propósitos de aprendizaje, se privilegia las siguientes estrategias:

- La participación activa y bien fundamentada de los estudiantes en los seminarios y en las aserías complementarias (20%)
- Los informes de lectura, los protocolos y otros escritos, elaborados por los estudiantes, con base en los textos leídos y en las discusiones de los seminarios (50%).
- Presentación escrita de una propuesta para la enseñanza de las ciencias, que se inscriba en las perspectivas y problemáticas trabajadas en este seminario (20%)
- Examen final: que valora la comprensión de los asuntos tratados en el seminario, a través de la exposición de la propuesta de enseñanza (10%)

ANEXO 3

ALGUNOS INDICADORES DE POSTURAS EPISTEMOLÓGICAS

Para cada una de las afirmaciones, exprese su acuerdo o desacuerdo con las mismas, según la siguiente codificación¹⁴⁶:

Concuero fuertemente: CF
Concuero: C
Indeciso: I
Desacuerdo: D
Desacuerdo fuertemente: DF

Haga un círculo alrededor de las letras que mejor expresan su opinión y evite en lo posible marcar muchas veces la opción Indeciso.

NOTA: Es impotente tener en cuenta que en este cuestionario no se trata de identificar respuestas correctas o incorrectas, se trata de indagar y explicitar su opinión personal.

- | | | | | | |
|---|----|---|---|---|----|
| 1. La elaboración de las leyes y principios no requiere obligatoriamente de la creatividad, la intuición y la imaginación del investigador. | CF | C | I | D | DF |
| 2. El modo en que la Ciencia produce conocimiento sigue necesariamente una secuencia: observación de datos, elaboración de hipótesis, comprobación experimental de la hipótesis, conclusiones, generalizaciones. | CF | C | I | D | DF |
| 3. Cualquier investigación científica siempre parte de conocimientos teóricos para sólo después realizar los controles experimentales. | CF | C | I | D | DF |
| 4. El conocimiento científico se distingue del no científico por el hecho de usar el método científico, esto es, partir de la observación y experimentos para posteriormente, elaborar leyes y principios. | CF | C | I | D | DF |
| 5. Todo conocimiento científico es provisorio | CF | C | I | D | DF |
| 6. Cuando dos científicos observan los mismos datos, ellos deben llegar obligatoriamente a las mismas conclusiones. | CF | C | I | D | DF |
| 7. El aspecto más importante en la evolución del conocimiento científico son los nuevos experimentos y las nuevas observaciones. | CF | C | I | D | DF |
| 8. Problemas científicos diferentes pueden requerir diferentes secuencias en el desarrollo de las etapas del método de investigación. | CF | C | I | D | DF |

¹⁴⁶ Este cuestionario es tomado de Harres, J.B.S. (1999). Concepções sobre a natureza da ciência. Porto Alegre: PUCRS. Tese de doutorado não publicada.

9. Las observaciones científicas son siempre el punto de partida para la elaboración de leyes y principios en ciencias.	CF	C	I	D	DF
10. Existen investigaciones científicas que no requieren de la realización de experimentos.	CF	C	I	D	DF
11. Las leyes y principios que entran en conflicto con observaciones o resultados experimentales son rechazadas inmediatamente.	CF	C	I	D	DF
12. La evolución de las Ciencias ocurre principalmente por el desarrollo y propuesta de nuevos modelos, teorías y concepciones.	CF	C	I	D	DF
13. En una investigación científica, lo más importante son los detalles fácticos.	CF	C	I	D	DF
14. Para que un enunciado se transforme en ley o en principio científico, no es necesario que sea demostrado como verdadero.	CF	C	I	D	DF
15. Todo conocimiento resulta de la obtención sistemática y cuidadosa de evidencias experimentales.	CF	C	I	D	DF
16. El investigador siempre está condicionado, en su actividad, por las hipótesis que intuye sobre el problema investigado.	CF	C	I	D	DF
17. Todo aquello que no es plausible de comprobación experimental no puede recibir la designación de conocimiento científico.	CF	C	I	D	DF
18. Un mismo conjunto de evidencias experimentales siempre es compatible con más de una ley o principio científico.	CF	C	I	D	DF
19. A través de las Ciencias y de su método, se puede responder a todas las cuestiones.	CF	C	I	D	DF
20. Los “descubrimientos” científicos siempre se caracterizan mucho más como hallados que como descubiertos, en el sentido de que siempre confirman o contradicen una expectativa teórica anterior.	CF	C	I	D	DF
21. Existe un método general y universal para producir conocimiento científico.	CF	C	I	D	DF
22. A través del experimento el investigador comprueba si su hipótesis de trabajo es verdadera o falsa.	CF	C	I	D	DF
23. Las ideas metafísicas o no científicas pueden en algunos casos, direccionar la investigación científica hacia resultados relevantes.	CF	C	I	D	DF
24. Las afirmaciones científicas y los enunciados científicos son necesariamente verdaderos y definitivos.	CF	C	I	D	DF
25. Toda investigación científica comienza por la observación sistemática del fenómeno a ser estudiado.	CF	C	I	D	DF

ANEXO 4

UN ACERCAMIENTO A LA PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA DE STEPHEN TOULMIN

Analizar cada uno de los siguientes enunciados y tomar postura crítica en relación con los mismos.¹⁴⁷

- **Ciencia/ Lógica y racionalidad**

“En la etapa actual de la historia de la humanidad, cercano ya el final de un siglo vertiginoso, el mundo occidental y desarrollado adora y mitifica a un nuevo becerro dorado: La ciencia. Esta moderna divinidad posee, como todo ente superior, una serie de atributos y cualidades “sobrehumanas”: La infabilidad, la objetividad y la neutralidad, son algunas de ellas. La población en su ignorancia, posee una fe ciega y total en todo aquello que emana de la ciencia, es decir, en todo lo que es científico”. (Giordan, A. y Vecchi, G, 1995, p. 9).

Fuente: Giordan, A y Vicchi, G. (1995) Los orígenes del saber. Díada: Sevilla

- **Locus del razonamiento**

“El locus central del razonamiento es visto como público, interpersonal o social. En este sentido, el razonamiento no es una manera de llegar a ideas sino de evaluar críticamente las ideas. Se ocupa menos de cómo piensa la gente que de cómo la gente comparte sus ideas y pensamientos en situaciones que cuestionan la pertinencia de esas ideas. Es una transacción humana colectiva y continua en la que presentamos ideas o aserciones a conjuntos particulares de personas dentro de situaciones o contextos particulares y ofrecemos los tipos apropiados de “razones” de soporte.

Por lo tanto el razonamiento involucra el manejo de aserciones atendiendo simultáneamente los contextos, las aserciones que compiten con la(s) nuestra(s), y la

¹⁴⁷ En este documento presentamos enunciados que abren discusiones en torno a planteamientos toulminianos.

gente que las sostiene. El razonamiento llama a la evaluación crítica de estas ideas mediante la aplicación de normas compartidas, llama a la disposición de modificar las aserciones en respuesta a la crítica; y llama a un continuo escrutinio crítico tanto de las aserciones aceptadas provisionalmente como de las nuevas que pueden aparecer subsecuentemente. Un juicio “razonado” es, por lo tanto, un juicio en defensa de las razones adecuadas y apropiadas que pueden ser producidas. La propiedad y adecuación de esas razones también depende de la situación: lo que para un grupo es aceptable como razonamiento o argumento puede no serlo para otro” (Toulmin, Rieke y Janik, 1979)

Fuente: Toulmin, S., T. Rieke y A. Janik (1979) *An introduction to reasoning*, New York: Macmillan. Vers. Carlos Gutiérrez. Se reproduce sólo con fines educativos

- **La razonabilidad**

Hasta 1810 El problema de los tres cuerpos pasa a ser una cuestión más metafísica que científica. Aparecen los trabajos de Pioncaré sobre la teoría de los tres cuerpos: “Los cuerpos celestes jamás transgreden los límites prescritos” “No hay más esperanza en 1889, de la que había en 1715, de hallar métodos generales para resolver las ecuaciones del movimiento de dos o más planetas que giren al mismo tiempo alrededor del sol” (p. 88). La predictibilidad completa es imposible, sólo se da en casos artificialmente simplificados. Se da paso al mundo del caos a la impredecibilidad radical y a las matemáticas no lineales (mediados del S XX). La física nunca ejemplificó esa forma exacta de los sistemas euclidianos y el ideal de ciencia fue la física, que nunca fue (p. 91). Ni los matemáticos hallaban garantías a la estabilidad del sistema planetario.

Para los economistas, la formalidad de los argumentos teóricos que les confiere la “lógica” los hace parecer universales. Hay analogía entre “equilibrio en la historia de la economía” y “la estabilidad planetaria”. Economía racional y cosmología racional; es decir, la “maquinaria de análisis económico” tiene una aplicación universal. “Presuponer que los métodos económicos son aplicables en forma universal acarrea distorsiones y problemas y, por lo tanto, es necesario desuniversalizar y limitar sus aplicaciones a condiciones bien reconocidas y cuidadosamente analizadas (p. 98).

Muhammad Yunus, detecta la divergencia entre las teorías económicas y las condiciones de transacción de su Bangladesh, lo que le llevó a la fundación del Grameen Bank. Al respecto debió resolver un problema teórico y otro procedimental: en relación con el primero, la nueva definición de garantía, en términos de garantía social más que material; y, en el segundo, revisar las prácticas bancarias en torno al nuevo concepto. Se trata de cooperar para garantizar la devolución de un pequeño préstamo al más pobre de la comunidad. Este significado “corriente” de “garantía” impedía procedimientos efectivos. La confianza en la teoría pura es empíricamente inútil sin una consideración de las condiciones sociales, históricas, políticas y económicas de su aplicación (p. 104).

El análisis económico será humano y justo sólo si son consideradas tales condiciones. Para Yunus es necesario replantear tanto el lenguaje de la teoría económica como las prácticas de esta actividad. : “Yo esta descubriendo el principio básico, a saber, que cuando más se tiene más se puede tener. Y a la inversa, si no se tiene no se puede tener”. ¿Por qué han guardado silencio los economistas cuando los bancos insistían en la ridícula y terriblemente dañina generalización de que los pobres son insolventes y, por lo tanto se les puede prestar dinero? (...) Una universidad no debería ser una isla donde los académicos logren niveles de conocimiento cada vez más alto, sin compartir un ápice de ese conocimiento con sus vecinos” (p. 106)” “Si se redefiniera la economía como ciencia auténticamente social, estaríamos decididamente en el camino de crear un mundo sin pobreza” El llamado es a ver el limitado potencial de las disciplinas y su carácter no universal ni trascendente. Se trata de “Hacer correctamente los cálculos” o “hacer los cálculos correctos” esto es, los cálculos atinentes al caso y relevantes para la situación práctica en cuestión: Ver los problemas económicos como problemas sociales y culturales.

Fuente: Toulmin, S (2003) Regreso a la Razón. Barcelona. Ediciones Península

- **Enseñanza como enculturación**

Es fundamental reconocer dos asuntos básicos: primero, nos comunicamos con las personas porque compartimos con ellas muchas de nuestras representaciones y,

segundo, como lo señala Toulmin (1977) las personas demostramos racionalidad con nuestra disposición a aceptar y a cambiar ideas, procedimientos, conceptos y actitudes. “Un individuo aislado no puede ser racional”.

La calidad del proceso de enseñanz se mide no por la exactitud con que se manejan los conceptos específicos, sino por las actitudes críticas con que los estudiantes aprenden a juzgar aún los conceptos expuestos por sus mismos maestros. Desde el punto de vista de los aprendices es como si el contenido y el programa intelectuales de sus ciencias tuviesen que ser re-creados de nuevo en cada generación.

“Las concepciones de sus profesores, a cuyos pies se sientan o en cuyos bancos trabajan, tienen sustancial peso; pero, su respeto, aun por el más eminente de sus mayores será altamente selectivo. Con el tiempo reevaluarán por si mismos los problema (...) cada generación de aprendices reconstruye los conceptos y los procedimientos establecidos y las variantes de su disciplina en un esquema propio”

Fuente: Toulmin, S., 1977, La comprensión humana: El uso colectivo y la evolución de los conceptos. Madrid, Alianza

ANEXO 5

CONSIDERACIONES SOBRE LAS CIENCIAS

Para cada uno de los siguientes enunciados, manifieste su acuerdo o desacuerdo y justifique la concordancia o la discordancia.¹⁴⁸

1. "La ciencia es un conocimiento demostrado y por tanto, está por encima de cualquier crítica"
2. "Las ciencias nos explican cómo son las cosas realmente y cómo funcionan".
3. "La ciencia es la búsqueda de la verdad a través de la observación, la experimentación y el análisis de los fenómenos naturales"
4. "La ciencia busca probar hipótesis utilizando el método científico"
5. "La ciencia se basa en los hechos comprobados a través de la experimentación"
6. "La ciencia es objetiva"
7. "La ciencia busca resolver problemas que se plantean a la humanidad"
8. "La ciencia está al margen de las ideologías"
9. "La ciencia avanza constantemente.
10. "Cada vez se sabe mejor sobre cómo funcionan las cosas, cada vez nos aproximamos más a la verdad"
11. "La ciencia es la clave del progreso de la humanidad"

¹⁴⁸ Planteamientos tomados de: Nadeau, R. y Desautels, J. (1984) *Epistemology and Teaching of Science*. Ottawa: Conseil des Sciences du Canada.

ANEXO 6

EL MAT COMO ESTRATEGIA METACOGNITIVA Y DE EXPLICITACIÓN DE CONOCIMIENTOS¹⁴⁹

Nombre _____

Completa el siguiente cuadro señalando la categoría química adecuada para cada material.

Materiales	Mezcla	Sustancia simple	Compuesto
<i>Agua purificada</i>			
<i>Cloruro de sodio</i>			
<i>Sal de mar</i>			
<i>Ozono</i>			
<i>Carbono</i>			
<i>Diamante puro</i>			
<i>Oxígeno atmosférico</i>			
<i>Leche</i>			
<i>Ácido fosfórico</i>			

Por medio del MAT justifique las respuestas dadas para: Ozono, sal de mar, oxígeno atmosférico y agua pura.

Completa el siguiente cuadro

Compuesto	Posibles Sustancias simples que se obtienen de su descomposición	Elementos que lo constituyen
<i>Carbonato de calcio</i>		
<i>Acido clorhídrico</i>		
<i>Cloruro de sodio</i>		
<i>Peróxido de hidrógeno</i>		

Por medio del MAT justifique sus respuestas para el caso del peróxido de hidrógeno.

¹⁴⁹ Esta herramienta de indagación se construye con base en preguntas tomadas de exámenes para el curso de Sistemas Químicos I; las que complementamos con la solicitud de argumentación toulminiana.

ANEXO 7

MATRIZ DE ANÁLISIS DE LOS MODELOS ARGUMENTALES DE TOULMIN

MAT	Datos						Respaldo a Datos						Garantías						Respaldo a Garantías						Refutación				
	Notas	P	S	N	C _C	A	Notas	P	S	N	C _D	A	Notas	P	S	N	C _D	A	Notas	P	S	N	C _G	A	Notas	P	C _D	C _G	A
1 Ja 47 a	Información sobre el caso particular: alude al carácter potable del agua, "... contiene sales y minerales óptimos para el consumo humano"	p	is	pn	c	pa	Alude a credibilidad implícita. No precisa fuente para ampliar o corroborar información. "la empresa que suministra el agua de la llave, da un tratamiento a la misma para que pueda ser consumida"	p	is	pn	c	pa	Definiciones: "Agregación de sustancias sin interacción química entre ellas" Sustancia pura "forma de materia composición uniforme e invariable, cuyas propiedades químicas y físicas son idénticas"	pp	is	pn	c	pa	Estudios químicos "...sobre sustancia y mezcla"	p	is	n	c	pa	A menos que "...se purifique antes de salir por la llave"	p	c	c	a
1 Ma 65 a	Información sobre el caso particular: Alude a que, "...	pp	s	pn	c	ia	Información adicional en la cual está contenida la	pp	is	in	pc	pa	Definiciones de mezcla y sustancia	pp	is	pn	c	pa	Ausente	-	-	-	-	-	"El agua se suele definir por lo que no tiene... es un líquido	pp	pc	pc	ia

							sobre sustancias y mezclas”					condicione s:... conservan propiedades s...son separables por medios físicos...pu eden intervenir en cualquier proporción ”										humano” Parece que hay confusión entre pureza y potabilidad.							
1 Da 23 a	Información sobre el caso particular: “El agua de la llave es potable, ya que tiene sales y minerales óptimos para el consumo humano”	p	s	pn	c	pa	Crédito a información, falta fuente precisa “El agua que sale de llave, tiene un tratamiento para ser consumida ... esto lo verifica la empresa...”	p	is	pn	c	pa	Definición - la misma anterior-	p	is	pn	c	pa	Estudios “de la química sobre sustancias y mezclas”	p	is	pn	c	pa	A menos que “... la llave tenga adaptado un filtro, purificador de agua”	p	c	c	a
1 Vi 66 a	Información sobre el caso particular: “prueba de cloruros a una muestra de agua y tiene los siguientes solutos en diferentes	p	s	pn	c	pa	Tabla en texto “tabla registrada en el libro Química General de ...”	p	is	n	c	pa	Definición de solución “Las soluciones son mezclas, si las soluciones tienen el mismo estado...la mezcla si tiene una fase...”	p	is	pn	c	pa	Teoría química “...sobre soluciones ”	p	is	n	c	pa	A menos que “...la muestra se haya tomado de un fuente natural”	p	pc	pc	ia

3.1	Vi	Tomado del ejercicio "50 gr de oxígeno"	p	is	n	c	pa	Alude a la información "dada en el ejercicio"	p	s	n	c	a	H ₂ O"	p	is	n	c	pa	"Ley de composición definida"	p	is	n	c	pa	A menos que "se tenga en cuenta datos reales de laboratorio"	p	c	c	a
3.2	Az	Toma los del ejercicio como si fuesen experimentales "50 g de oxígeno molecular, hidrógeno atmosférico"	p	is	n	c	pa	Alude a "registro pesaje de oxígeno"	p	is	pn	c	pa	Anota valores de relaciones estequiométricas para el caso del agua Plantea algoritmo "16 g O. 18 g H ₂ O/50g O+58 g H ₂ O"	p	is	pn	c	pa	Nombra leyes generales "ley de composición definida, ley de proporcionalidad de masa, relaciones proporcionales. Texto de Química general de ..."	p	is	pn	c	pa	A menos que "...el experimento se realice en condiciones no ideales"	p	c	c	a
3.2	Me	Toma los del ejercicio "50 g de oxígeno molecular"	p	is	n	c	pa	Alude a "Preinforme de laboratorio Medida masa oxígeno"	p	is	pn	c	pa	Plantea relaciones estequiométricas para el agua. Plantea algoritmo "...si en 16 g oxígeno hay 18 g de agua, cuántos	p	is	pn	c	pa	Estudios químicos "...sobre composición definida" "Libro de Química general"	p	is	n	c	pa	A menos que "el ejercicio se realice bajo condiciones ideales"	p	c	c	a

4.2 74 a	Ja	Teórico Fórmula molecular “O ₃ ”	p	is	pn	c	pa	Alude a “Tabla de fórmulas moleculares”	p	is	pn	c	pa	Definición de sustancia simple “...es aquella sustancia que está formada por átomos del mismo elemento químico” ámbito submicro	p	is	n	c	pa	Cita bibliográfica “Raymond Chang, ...”	p	is	n	c	pa	A menos que “...que no se pueda aislar el O ₃ en este estado”	np	ic	ic	ia
4.2 Ja 80 a		Alude a la “descomposición de la capa de ozono por rayos ultravioleta, de donde se obtiene, a partir de ozono, oxígeno”	p	is	n	c	pa	Registro escrito de experimento o “registro de experiencias que desarrollan estudiosos del cambio climático, a partir de estudios químicos que se hacen en laboratorios”	p	is	pn	c	pa	Alude a que se basa en “definición de sustancia simple” pero no la incluye – asumimos la misma de Ja 74	p	is	n	c	pa	“Libros” No precisa fuente	pp	is	pn	pc	pa	A menos que “En la posteridad los análisis con nuevas tecnología arrojen otros resultados”	p	c	c	pa
4.2 84 a	Ma	Fórmula molecular “El ozono está conformado por tres átomos de oxígeno (O ₃)”	p	is	pn	c	pa	Informes “...sobre composición de ozono Alotropía de oxígeno, de las formas triatómicas . Tabla de porcentajes”	p	is	pn	c	pa	Definición “sustancia simple: que tiene una composición fija y no se puede descomponer en otras más simples. Alotropía: mutación,	p	is	pn	pc	pa	Definiciones Cita Textos “Concepto de sustancia en Ralph Petrucci, concepto de alotropía	p	is	pn	c	pa	A menos que “...no haya acción de luz solar sobre el oxígeno” “...que no se de un proceso alotrópico”	pp	ic	ic	ia

5.1 Ma 87 a	Caso particular "El agua purificada está compuesta por H ₂ O (H ₂ O)"	p	is	n	c	pa	"Registro de datos de descomposición H ₂ O, tablas de porcentajes de los elementos ...Tipos de agua ...pruebas de separación"	p	is	pn	pc	pa	Definición "compuesto : una sustancia pura formado por dos o más elementos, en proporciones fijas y pueden descomponerse químicamente en sus elementos"	p	is	n	c	pa	Nombre de dos textos de química "Química genera de ..."	p	is	n	c	pa	"A no ser que se someta a un proceso de potabilización"	p	c	c	a
5.1 Az 78 5.1 Me 65 a	Teórico "Fórmula molecular del agua H ₂ O"	p	is	pn	c	pa	"Registros de investigaciones realizadas sobre composición química de la materia"	pp	is	pn	pc	pa	Definición "Compuesto: sustancia formada por átomos de dos o más elementos unidos químicamente en proporciones. A diferencia de las mezclas estos componentes sólo se separan por medios químicos. Ley de proporciones definida"	p	is	n	c	pa	Cita bibliográfica "Chang, R, ..."	p	is	pn	c	pa	A no ser que "...se someta a disociación para obtener los elementos en su estado simple"	np	ic	ic	ia

5.1 67 a	Me	Experimentales "la descomposición del agua en el laboratorio o produce H ₂ (g) y O ₂ (g)"	p	is	n	c	pa	"Registros de laboratorio después de la experiencia"	p	is	n	c	pa	"definición de compuesto" Se asume el mismo anterior	p	is	n	c	pa	"Química de..."	p	is	pn	c	pa	No se incluye	-	-	-	-
5.1 72 a	Vi	"la descomposición del agua en el laboratorio o produce H ₂ (g) y O ₂ (g) y cuando estos gases se hacen reaccionar con una chispa eléctrica producen agua"	p	is	n	c	a	Registros de laboratorio"	p	is	n	c	pa	"definición de compuesto" No ha dado antes esta definición	p	is	pn	pc	pa	"Química de..."	p	is	n	c	pa	No se incluye	-	-	-	-
5.1 80 a	Vi	"agua purificada"	np	is	in	ic	pa	"está formada por átomos de hidrógeno y oxígeno"	np	is	in	pc	pa	"Sustancia compuesta es aquella que se puede descomponer en sustancias más simples. Está formada por átomos diferentes ...El agua, cualquiera sea su origen está"	p	is	n	c	pa	"Texto de química"	p	is	pn	c	pa	No se incluye	-	-	-	-

		<i>de mar en sales que la conforman</i>					<i>identificación de iones</i>						<i>la combinación de dos o más sustancias, donde cada sustancia mantiene sus propiedades</i>					<i>químicos, Ralph Petrucci y otros</i>					<i>sustancia homogénea</i>							
6.2 85 a	Az	<i>“Realización de un conjunto de procedimientos físicos que permiten separar las diferentes sales o sus iones. Procesos de identificación”</i>	p	is	n	c	pa	<i>“Registro de experiencias...”</i>	p	is	n	c	pa	<i>“Definición de mezcla”</i>	p	is	pn	c	pa	<i>“Química de Chang”</i>	p	is	pn	c	pa	<i>“A pesar de que parezca homogénea es una mezcla heterogénea”</i>	np	pc	pc	ia
6.2 68 a	Me	<i>“Por procedimientos químicos y físicos se obtiene diferentes sales”</i>	p	is	n	c	pa	<i>“Registro de experiencias...”</i>	p	is	n	c	pa	<i>“Definición de mezcla”</i>	p	is	pn	c	pa	<i>“Química de Chang”</i>	p	is	pn	c	pa	<i>“A pesar de que parezca homogénea es una mezcla heterogénea”</i> Macro- micro	np	pc	pc	ia
6.2 73 a	Vi	<i>“separación física de los componentes...utilización de</i>	p	is	n	c	pa	<i>“Registro de experiencias...”</i>	p	is	pn	c	pa	<i>“Definición de mezcla”</i> <i>No la ha definido antes</i>	p	is	pn	c	pa	<i>“Texto de química”</i>	p	is	n	c	pa	<i>“A pesar de que parece una sustancia homogénea”</i>	p	c	c	pa

7.3 63 a	Si	"Se obtuvo O ₂ de la descomposición de clorato de potasio. Su punto de ebullición fue de - 182.96°C ..."	pp	is	p n	pc	pa	"Registro de experiencias de laboratorio"	p	is	pn	c	pa	"El oxígeno atmosférico es una molécula binuclear estable, con un punto de ebullición y una densidad definidas"	pp	is	pn	pc	ia	"Libros de química"	p	is	n	c	pa	"a menos que el clorato de potasio estuviera contaminado y se desprendieran otras gases que alteren los resultados"	pp	pc	ic	ia
8.1 80 ia	Ma	"H ₂ O ₂ "	p	is	p n	c	pa	"los compuestos se descomponen en sustancias simples y los elementos son H y Oxígeno"	np	is	in	pc	ia	"Peróxido de hidrógeno, compuesto químico de hidrógeno y oxígeno, de fórmula H ₂ O ₂ ; fórmula de descomposición: 2H ₂ O ₂ → 2H ₂ O + O ₂ "	p	is	pn	c	pa	No se incluye	-	-	-	-	pa	No se incluye	-	-	-	-
8.1 69 ia	Me	"Sustancia inestable H ₂ O ₂ "	p	is	p n	c	pa	"registro de investigaciones realizadas sobre el peróxido de hidrógenos"	p	is	n	c	a	"descomposición del peróxido de hidrógeno H ₂ O ₂ +I ⁻ → H ₂ O + IO ⁻ H ₂ O ₂ + IO ⁻ → H ₂ O + O ₂ + I ⁻ "	p	is	pn	c	pa	"Chang, R...."	p	is	n	c	pa	"A menos que haya un catalizador o una sustancia activa que haga que la sustancia se descomponga en otras"	p	c	c	pa
8.2 64 ia	Si	"Se recogió el gas liberado por el"	p	is	n	c	pa	"Registro de experiencias de laboratorio"	p	is	n	c	pa	"De peróxidos se desprende fácilmente"	p	is	n	c	ia	"libros de química"	p	is	n	c	pa	"A menos que, las mediciones, como la del punto de"	np	ic	ic	ia

8.5 75b	Ja	"H ₂ O ₂ "	pp	is	p n	c	pa	"Tabla de fórmulas moleculares"	p	is	pn	c	pa	<i>Ecuaciones químicas y balance ecuaciones</i>	p	is	pn	c	pa	Chang...	p	is	pn	c	pa	<i>Sin sólo se hace en condiciones ideales</i>	np	ic	ic	ia
														2H ₂ O ₂ (l)- 2H ₂ O(l) + O ₂ (g)																